В. А. Моляко

ПСИХОЛОГИЯ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

МАШИНОСТРОЕНИЕ



В. А. Моляко

ПСИХОЛОГИЯ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ



МОСКВА
МАШИНОСТРОЕНИЕ
1983

ББК 88.4
М75
УДК 159.9 : 62

Рецензент д-р психол. наук *Я. А. ПОНОМАРЕВ*

Моляко В. А.

М75 Психология конструкторской деятельности. — М.: Машиностроение, 1983. — 134 с.
50 к.

В книге содержится общий анализ современного психологического изучения конструкторской деятельности, рассматриваются вопросы структуры процесса конструирования, индивидуального стиля творческой деятельности конструктора, а также коллективного решения конструкторских задач. На основании специальных исследований даны практические рекомендации по оптимизации трудовой деятельности инженеров, подготовке студентов к будущей профессиональной деятельности.

Книга рассчитана на инженеров-конструкторов и проектировщиков.

М $\frac{1502000000-034}{038(01)-83}$ 34-83 ББК 88.4
15

ИБ № 3484

Валентин Алексеевич МОЛЯКО

ПСИХОЛОГИЯ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Редактор Н. П. Ошерова
Художественный редактор И. К. Капралова
Технический редактор Т. И. Андреева
Корректор Л. А. Ягупьева
Обложка художника А. Н. Ковалева

Сдано в набор 18.04.83.
Подписано в печать 14.07.83. Т-09189.
Формат $60\times90^1/_{16}$. Бумага типографская № 3.
Гарнитура литературная.
Печать высокая.
Усл. печ. л. 8,5. Усл. кр.-отт. 8,75. Уч.-изд. л. 9,86.
Тираж 10000 экз. Заказ 331. Цена 50 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Машиностроение», 107076, Москва, Стромынский пер., 4

Московская типография № 6 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
109088, Москва, Ж-88, Южнопортовая ул., 24

ВВЕДЕНИЕ

Роль техники, технических приспособлений самого различного назначения в современном развитии нашего общества, в повседневном труде и быту колоссальна — техника сопутствует нам на каждом шагу в прямых проявлениях (машины, станки, приборы, аппаратура и т. д.) или косвенно — являясь «посредником» (продукты питания, одежда, жилища, предметы быта и др. — все это изготовляется и доставляется потребителю с помощью различной техники). Решения партии и Советского правительства направлены на дальнейшее развитие машиностроения, внедрение средств автоматизации в самые различные сферы труда, на создание новых эффективных устройств, улучшающих деятельность, быт и отдых трудящихся.

Проблема создания новой техники так или иначе касается многих людей, представителей различных профессий, но прежде всего эта проблема касается конструкторов, проектировщиков. Именно конструктор, изобретатель, рационализатор — творцы новой техники, новой технологии. Поэтому не удивителен все повышающийся интерес, который проявляет наука к изучению проектно-конструкторской деятельности. Психология также сравнительно давно причастна к этому изучению. Во всяком случае уже в начале этого столетия, когда роль науки и техники стала особенно заметной, стали появляться работы, в которых специальное внимание обращалось на изобретательство (тогда еще изобретательство и конструирование не разграничивалось), постепенно число таких работ увеличивалось [2, 7, 11; 12; 45; 46].

Тенденции к усложнению технических устройств, появление принципиально новых машин и приспособлений способствуют возникновению новых проблем, которые невозможно решить только технически. Развитие инженерной психологии, эргономики является своего рода реакцией на указанное явление, попыткой решить вопросы оптимального приспособления техники к возможностям человека. Но и этого уже оказывается мало. На очереди стоит вопрос о создании такого соединения наук, в том числе психологических, которые обеспечили бы проектирование именно новых видов деятельности, а не просто учитывали бы отдельные возможности человека и технического устройства, их статический симбиоз. В числе таких наук, несомненно, видное место будет принадлежать конструированию, которому предстоит совершить новый скачок и стать не просто обогащенным видом прикладной деятельности, а важной частью науки о проектировании деятельности, быта и отдыха людей. Ведь сейчас речь идет уже не только об изучении функционирования и о создании системы человек—машина, а об изучении и создании более сложной системы конструктор — оператор — машина, в которой начальное звено «конструктор» во многом является определяющим, поскольку именно это звено проектирует взаимодействие двух остальных, фактически проектирует деятельность [15]. Ныне, как отмечалось в редак-

ционной статье журнала «Коммунист», «предметом научного исследования в области трудовой деятельности становится не техника сама по себе и не только человек как субъект производства, но и согласование его физических и психических возможностей, эстетических вкусов и других социальных качеств со свойствами современных технических систем» [43].

Вместе с тем изучение психологии конструкторской деятельности, особенно на профессиональном уровне, до самого последнего времени проводилось крайне недостаточно, разрозненно, эпизодически, без единого подхода, без учета принципов комплексного, системного характера. Вообще до последнего времени в психологии больше всего изучалась изобретательская деятельность и конструктивно-техническая деятельность школьников. Исследования в этих направлениях представляют существенный интерес и для изучения собственно проектно-конструкторской деятельности, но, естественно, не могут заменить специальных работ.

В настоящее время имеется ряд работ по общим вопросам методологии и методики конструирования и проектирования [2, 3, 7, 8, 11, 12, 13, 22, 28, 37, 40, 41, 42, 44]. Работы эти содержат ценные советы для практических работников. Но конструктору необходимы сведения о собственно психологической организации и структуре своей деятельности, о возможностях оптимизации творческого поиска за счет мыслительных ресурсов, правильного понимания своих индивидуальных качеств и т. д., так как в конечном счете решение любой новой творческой задачи — это прежде всего именно психологический процесс и было бы совершенно абсурдно, хотя это и случается, пытаться оптимизировать этот процесс, игнорируя психологические особенности и закономерности.

Цель настоящей работы — рассмотреть реальную психологическую структуру процесса профессиональной конструкторской деятельности. Такого рода попытка повлекла за собой необходимость проведения анализа, который касается различных сторон конструкторской деятельности, в частности, особенностей индивидуальной и коллективной работы конструкторов.

Глава I

ИЗУЧЕНИЕ ПСИХОЛОГИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОНСТРУКТОРОВ

1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗУЧЕНИЯ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Развитие психологии труда как науки в нашей стране может быть охарактеризовано двумя периодами, а именно периодом развития психотехники (20—30-е гг.) и периодом интенсивного развития инженерной психологии (примерно в последние 10—15 лет). Несмотря на ряд справедливо критикуемых ошибок, в том числе общеметодологического характера, психотехника явилась тем необходимым первым этапом, который способствовал постановке ряда актуальных проблем (например, проблемы профессиографии), а также появлению исследований, не утративших с годами научной ценности (например, работы А. К. Гастева, С. Г. Геллерштейна, В. Н. Мясищева).

Зарождение и развитие инженерной психологии и эргономики связаны с внедрением в производство новой техники — вычислительных машин, сложных пультов управления и т. п. Главное внимание инженерная психология и эргономика сосредоточили на профессии оператора, получившей большое распространение и в ряде случаев ставшей решающей (летчик, диспетчер и т. д.). Операторский «бум», однако, не мог длиться бесконечно. Стало ясно, что интенсивное изучение деятельности оператора не снимает с повестки дня другие необходимые исследования, в первую очередь исследования деятельности проектировщика.

Перед психологией труда стоят две основные задачи: первая— изучать трудовую деятельность человека на профессиональном уровне, вторая — разрабатывать рекомендации для овладения соответствующими профессиями (профориентация и профотбор, политехническое и производственное обучение). Интенсификация производства, «отмирание» старых и зарождение новых профессий, повышение внимания к качеству продукции, качеству труда— все это привносит в традиционные задачи психологии труда новые аспекты, выдвигает новые проблемы, в том числе и такие важные, как психологическое прогнозирование новых профессий и психологическое проектирование деятельности. С такими задачами психология труда может справиться лишь в комплексе с другими отраслями психологии и другими науками. Нельзя забывать и об аспекте, касающемся и самой трудовой деятельности человека и задач, стоящих перед психологией труда — это аспект формирования, воспитания в труде личности работника, которому в совет-

ской психологии уделяется большое внимание. Как отмечал К. М. Гуревич, «отличительная особенность советской психологии труда должна состоять в том, что ее усилия направлены на воспитание человека социалистического общества, а этот человек прежде всего труженик, созидатель, строитель» [34]. На современном уровне изучения трудовой деятельности методологически нужно ориентироваться не только на исполнительскую сторону деятельности, но и на связь собственно профессиональных качеств и характеристик с личностью работника. Без такой ориентации исследований невозможно решать проблемы трудового обучения и воспитания, которые прямо связаны с тем, что будет достигнуто на уровнях деятельности работников-профессионалов.

Таким образом, можно выделить основные общие методологические принципы, на которые необходимо опираться в исследованиях по психологии труда.

Первый принцип можно назвать принципом системности и комплексности. Один из специалистов в области психологии труда Н. Д. Левитов в 1963 г. отмечал: «Каждое явление должно изучаться во всех связях и опосредованиях. Психолог, изучающий труд, должен знать и психологические факторы труда, иначе он часто не сможет объяснить, чем вызывается психическое состояние рабочего. Анализ трудового действия по последовательным операциям проводится и помимо психологов, но психолог, исходя из этого анализа, изучает психологические компоненты труда по отдельным операциям. Устанавливая психологические причины, влияющие на работу, надо также всегда иметь в виду целостную личность рабочего, не сводя ее к отдельным процессам и функциям» [22].

Второй методологический принцип — процессуальный. Трудовая деятельность проявляется в процессе и изучаться должна в процессе ее развития, трансформации, перехода от подготовительных этапов к планирующим и далее к собственно исполнительским.

Третий принцип — принцип конфликтности деятельности. Он основывается на проявлении и борьбе противоположностей, конфликте противоречий. Деятельность конфликтна, противоречива, сопряжена с преодолением трудностей как внутреннего, так и внешнего характера. Назовем, например, такие проявления конфликтности, как противоречие между знанием и незнанием, необходимость отказа от стереотипа и инерционность мышления, отсутствие взаимопонимания в процессе профессионального общения, разные точки зрения при коллективном решении задач.

Четвертый методологический принцип — принцип воспитательной роли труда. Трудовая деятельность должна способствовать воспитанию человека, формированию у него положительных качеств профессионального работника и гражданина. Труд без общей и специальной культуры, без эстетического фактора, без учета особенностей труда в социалистическом обществе (его коллективизма, гражданской обязательности и т. д.) не может способст-

вовать развитию личности, не может играть положительной роли в воспитании, подготовке кадров, налаживании оптимального функционирования коллективов и временных рабочих групп. Любую профессиональную деятельность следует изучать с учетом ее влияния на формирование личности в условиях современного социалистического общества.

Пятый принцип — принцип развивающего влияния творчества. Творчество, важное само по себе как создание нового, оригинального, важно так же и как стимулятор деятельности, способствующий развитию познавательной сферы и развитию личности в целом. Творчество, как источник дальнейшего научно-технического и культурного прогресса человечества, становится все более актуальным предметом психологического изучения.

Шестой принцип—принцип прогнозирования развития профессии. Сейчас недостаточно просто изучать какую-либо профессию. Необходимо выявлять и предопределять тенденции развития конкретной профессии в связи с тенденциями развития общества, науки и техники. Учет этих тенденций необходим для подготовки кадров, количественного и качественного планирования обучения специалистов, формирования у них готовности к трудовой деятельности не только в условиях самого ближайшего, но и несколько отдаленного будущего.

Все эти методологические принципы (а ими не исчерпывается более широкая система методологических принципов, реализуемых в психологии) должны способствовать приближению исследований по психологии труда к современному уровню психологической теории и к запросам практики.

Остановимся на одном из аспектов, имеющем существенное значение для конкретных исследований. Деление профессий на умственные и физические все более и более затрудняется — границы между профессиями постепенно стираются, многие из «физических» профессий все более «интеллектуализируются». Это выдвигает задачи специального изучения именно мыслительных, интеллектуальных компонентов в трудовой деятельности. Некоторые профессии в этом отношении особенно «удобны», поскольку умственная деятельность составляет их психологическую сущность. Это, в частности, различные виды проектно-конструкторской деятельности.

Резюмируя, можно сказать, что психологическое изучение проектно-конструкторской деятельности на профессиональном уровне на данном этапе развития психологической науки следует проводить, исходя из общих концепций теории деятельности и складывающегося системного подхода. При этом, учитывая перечисленные выше методологические принципы, следует ориентироваться на изучение именно творческой умственной деятельности, как определяющей в данной профессии, которая, как мы сейчас постараемся показать, имеет немало общего с другими видами творческой деятельности в области техники.

2. МЕСТО КОНСТРУКТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СФЕРЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА

К числу различных видов профессионального технического творчества можно отнести изобретательство, проектирование, конструирование, рационализацию.

Под конструированием понимается то или иное построение какого-то объекта, составление частей в определенном порядке (от латинского constructio — построение). Так, конструированием будет уже составление из детских кубиков домика, машины; конструированием будет создание завода, моста.

В технической деятельности конструирование можно разделить на два основных автономных этапа: этап оформления конструкции в чертежах и документации и этап материального создания конструкции (изготовление деталей, узлов, их сборка в соответствии с документацией). В практике конструированием принято считать первый этап, а конструкторами называют тех, кто создает машину графически.

Названные выше виды технического творчества тесно взаимосвязаны. Однако существует научно-практическое разделение открытия, изобретения и рационализаторского предложения. Так, под открытием понимается установление ранее неизвестного, объективно существующего свойства и явления; под изобретением — существенно новое решение проблемы, задачи, имеющее положительное значение для производства, культуры; изобретения разделяются на конструктивные (устройства), технологические (способы) и относящиеся к веществам; рационализаторское предложение — это локальное (в отличие от изобретения, имеющего всеобщее значение) решение той или иной задачи по улучшению функционирования уже известной техники в новой конкретной обстановке (например, в цехе завода, а не в масштабах всего завода, а тем более всего производства). Понятно, что в определенных случаях рационализаторское предложение может быть изобретением.

Конструирование характерно для изобретательской и рационализаторской деятельности. Практическое различие между изобретательством, конструированием и рационализацией нужно искать в характере целей, преследуемых каждым из видов деятельности. Изобретательство направлено на решение технической проблемы, задачи в целом; конструирование — на создание конструкции; рационализация — на улучшение использования техники. Таким образом, акценты размещаются следующим образом: изобретательство интересует в первую очередь конечный эффект, функция; конструирование — устройство, выполняющее функцию, а рационализацию — улучшение использования уже существующего устройства или его функции.

Есть и другое, психологически существенное различие. Как правило, изобретательские и рационализаторские задачи ставят перед собой сами инженеры, техники, и в этом смысле изобретате-

ли и рационализаторы в какой-то мере стихийные профессионалы. Конструкторы же получают задачу (техническое задание) извне; конструкторы являются организованными профессиональными работниками с определенной регламентацией и иерархическим распределением роли каждого конструктора.

Что касается дизайна (от английского design — замысел, проект, конструкция, композиция), то в нашей литературе этот термин обозначает то же, что и художественное конструирование. Обычное техническое конструирование и конструирование художественное нельзя полностью отождествлять, но у них всегда сохраняется принципиальное тождество — они направлены на создание структур с определенными функциями, только в художественном конструировании особую роль играет фактор эстетичности изделия.

Рассмотрим соотношение терминов «конструирование» и «проектирование». Иногда их употребляют как синонимы. Имеются и другие трактовки этих понятий (см., например, [5]), но для психологии важны не только аспекты, связанные с реальной сущностью каждого из видов технического творчества, но и то, насколько реально непосредственное изучение каждого из них. Например, практически невозможно организовать систематическое экспериментальное изучение такого рода изобретательской деятельности, которая связана с внезапными решениями или с разработками, которые могут длиться несколько лет. Здесь приходится ограничиваться беседами, анкетами. Что же касается самих терминов, то в данной работе речь идет об изучении проектно-конструкторской деятельности, поэтому мы не отрываем понятия «проектирование» от понятия «конструирование» или понимаем их как синонимы.

Если рассматривать термины по существу (конструирование обозначает построение, а проектирование — создание проекта, замысла, предвидение, предугадывание и т. п.), то конструирование включает в себя проектирование, а не наоборот. Поэтому мы считаем целесообразным и правомерным рассматривать под конструкторской деятельностью собственно проектно-конструкторскую деятельность по созданию технических устройств в условиях функционирования конструкторских бюро и отделов (автономно, а также при заводах и НИИ).

Что касается понятия конструктивно-технической деятельности, широко применяемого в литературе, то оно практически совпадает с понятием проектно-конструкторской деятельности, но, как правило, имеет отношение к деятельности учащихся средней школы, а решение конструктивно-технических задач связано со сравнительно простыми формами конструирования. Другими словами, под конструктивно-технической деятельностью следует понимать допрофессиональную форму технического творчества.

Схему взаимоотношения различных видов технического творчества можно представить так, как показано на рис. 1.

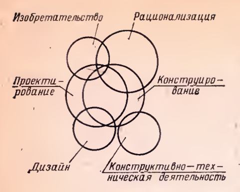


Рис. 1.

В каждом отдельном случае степень взаимопроникновения, совпадения видов технического творчества будет различной. Теоретически возможны два диапазона отношений между изобретательством конструированием и т. д.; первый характеризуется полной автономией каждого вида, второй — полным совпадением (за исключением конструктивно-технической деятельности школьников, как непрофессиональной деятельности).

На практике обычно имеем дело с промежуточными вариантами и комбинациями. К тому же удельный вес изобретательства в техническом творчестве невелик, хотя этот вид деятельности и является наиболее творческим.

3. ИЗУЧЕНИЕ ПСИХОЛОГИИ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Рассмотрим особенности деятельности профессионального конструктора. Учитывая многообразие конструкторской деятельности, следует подчеркнуть, что в настоящее время нет возможности подробно описать все виды конструирования с учетом конкретной специализации конструкторов. Но важно отметить существование больших различий между тем, что должен делать конструктор, работающий над постоянно сменяющими друг друга (единичными и мелкосерийными) устройствами, и тем, что ежедневно выполняет конструктор, специализирующийся в одной, строго определенной области, например, все время разрабатывающий конструкцию кузова автомобиля или крыла самолета. В первом случае переход от одного задания к другому связан с необходимостью изменять всю систему деятельности, искать новые средства решения задач; во втором — приходится идти путем аналитических поисков, внесения в конструкции небольших изменений.

Таким образом, первой определяющей деятельность конструктора характеристикой является сама конкретная специализация, характер выполняемой работы.

Вторая особенность связана с масштабом работы. В одних случаях производится разработка мелких элементов, частей; в других на протяжении длительного времени проектируются крупная машина, устройство, система, например ракета, корабль, АСУ и т. п. При этом не обязательно, чтобы при конструировании крупного устройства конструктор занимался разработкой в полном масштабе: на практике происходит соответствующее разделение работы, в связи с которым конструкторы обычно делятся на

главных, ведущих, старших и конструкторов-исполнителей; главные и ведущие разрабатывают систему в целом, ее основные блоки, старшие, как правило, — более мелкие подсистемы, а остальные конструкторы разрабатывают мелкие элементы, отдельные детали.

Третья общая характеристика конструкторской деятельности связана с ролью фактора времени. Этот фактор оказывает едва ли не решающее влияние на качественные и количественные показатели в конструировании. В каждом отдельном случае влияние, например, лимита времени на выполнение конкретного задания может вызывать более или менее выраженную индивидуальную реакцию, о чем подробнее расказано в гл. 3 п. 2.

Специфической и принципиальной для конструкторской деятельности является особенность, связанная с комплексом требований к продуктам этой деятельности — устройствам, машинам, приборам и т. д. Это функциональные и структурные требования, экономические, технологические, эксплуатационные, эстетические и эргономические.

Если структурные и функциональные требования к продуктам конструкторской деятельности в большинстве случаев определяются техническим заданием, в котором оговариваются параметры устройств, их конкретное назначение и т. д. (это связано и с рассмотренной выше специализацией конструкторов), экономические, технологические, а тем более эстетические и эргономические требования, как правило, учитываются самим конструктором. При этом их учет может зависеть не только от уровня его квалификации, но и от конкретной ситуации. Так, например, материал, который используется для конструируемых частей устройства, приходится заменять на другой (скажем, более дешевый или имеющийся в наличии у будущего изготовителя). Точно таким же образом нередко учитываются технологические особенности изготовления и сборки устройства, например, уже спроектированную деталь приходится заменять другой из-за сложности изготовления или сложности сборки, которая, естественно, зависит от размеров, конфигурации деталей и т. п. Все более в работе конструкторов приходится учитывать эстетические и эргономические требования и особенности. С ростом культуры производства и эксплуатации средств производства возрастает и уровень требований к изделиям — к их внешнему виду, окраске, гармоническому «вписыванию» в предполагаемый интерьер и т. д. Усложнение технических средств, в свою очередь, предопределяет необходимость учета возможностей человека в их использовании, отсюда — необходимость учета эргономических требований. В данной работе ведется анализ в основном в плане учета конструктором структурных и функциональных требований к создаваемому устройству, но необходимо все время иметь в виду, что он обязательно учитывает и все остальные требования, которые иногда выступают на первое место; это и определяет во многом особенности, специфику его конкретной деятельности.

Повседневная деятельность «типичного» конструктора связана с разработкой технических заданий, решением задач. Техническое задание конструктор может получать от заказчиков (завод, цех, отдел, лаборатория и т. д.), или непосредственно от вышестоящих конструкторов (заведующих КБ, старших группы, ведущих и др.). Как правило, техническое задание представляет собой текстовое условие с требованиями к конструкции, которую необходимо построить; во многих случаях текст сопровождается схемой, эскизом или достаточно определенным чертежом. Задания могут даваться и в устной форме, и в форме одного только чертежа и т. д.

Работа конструктора связана с поиском конструкции, которая отвечала бы требованиям технического задания. Чаще всего в техническом задании определяются именно конечные функции и приходится искать соответствующую этим функциям структуру, иногда задание может носить противоположную установку — требуется по существующей конструкции (изменяя ее в определенных пределах) добиться нового функционирования, которое не всегда может быть четко определено заранее.

Свое решение конструктор должен представить в виде чертежа, оформленного в соответствии со стандартами. Оформление разработки обычно выполняет чертежник. Сущность конструирования— поиск конструкции, устройства. Этот поиск ведется в умственном и графическом планах, может сопровождаться значительным числом расчетов, а в ряде случаев требует построения промежуточных макетов и действующих моделей. Но расчеты, макетирование и моделирование, как и оформление чертежей, не составляют специфики конструкторской деятельности. Психологически она связана именно с построением образа искомого устройства.

Характеризуя историю и научную диалектику изучения проектно-конструкторской деятельности и технического творчества вообще, можно с определенными упрощениями выделить следующие подходы (названия даются в рабочем порядке): предварительный (описательный), логико-процессуальный, психолого-педагогический, технико-методический, системотехнический (с разновидностью — инженерно-психологический) и системно-стратегический.

Предварительный (описательный) подход связан с зарождением изучения технического творчества и хронологически соответствует значительному развитию промышленности в начале XX века. Именно в этот период техническая деятельность стала играть существенную роль в развитии промышленности и хозяйства в целом, поэтому существенно возрастает интерес к изучению инженерных профессий, психологических особенностей инженерного труда. Типичными для этого направления являются труды П. К. Энгельмейера, посвященные изучению творческого процесса, творческой личности, философии техники. Сложилась своего рода традиция, согласно которой история развития подходов к изучению изобретательской, конструкторской и конструктивно-технической деятельности представляется по определенному трафарету — излагаются схемы, определяющие структуру процесса

творческой технической деятельности. Здесь мы не воспроизводим этих схем (имеются в виду схемы Т. Рибо, П. К. Энгельмейера, Д. Росмана, П. М. Якобсона, С. М. Василейского, Г. С. Альтшулера и др.), поскольку они неоднократно анализировались в ряде работ [5; 19; 23; 44]. П. К. Энгельмейер, вслед за Т. Рибо, предлагал «трехактную» схему описания творческого процесса изобретательства (интуиция и желание — происхождение замысла; знание и рассуждение; умение). В структуре, предлагаемой П. К. Энгельмейером, еще проглядывала та «таинственность», которая была популярна при описании творчества в тот период. Впрочем, работы П. К. Энгельмейера не были психологическими в строгом смысле, хотя и содержали значительное число психологических характеристик.

В 30-е гг. появились работы, в которых делалась попытка структурного анализа процесса изобретательской деятельности. Наиболее полное развитие такой подход получил в работах С. М. Василейского, а позднее — Г. С. Альтшуллера.

С. М. Василейский и Г. С. Альтшуллер представили развернутые схемы изобретательского процесса, в которых особый акцент делался на внешней стороне этой деятельности (особенно на заключительных стадиях решения).

Психолого-педагогический подход может быть охарактеризован как направленный на изучение конструктивно-технической деятельности на непрофессиональных уровнях (дошкольники, школьники, студенты).

Подход, который мы условно называем технико-методическим, может быть охарактеризован прикладной направленностью. Его представители (Г. С. Альтшуллер, Г. Буш и др.) разрабатывают «технологию изобретательства», ищут практические методы улучшения поисковой работы изобретателей и конструкторов. Не раскрывая собственно психологической стороны процесса технического творчества, представители данного направления стремятся найти пути оптимизации повседневной работы изобретателей.

С технико-методическим подходом тесно связан системотехнический подход. Здесь речь идет о проектировании систем и сюда же мы относим так называемый инженерно-психологический подход, ориентированный на проектирование систем человек — машина. Разновидности этого подхода возникли как необходимая реакция на скачкообразное усложнение технических заданий (собственно самих технических устройств, которые необходимо проектировать), а также в связи с необходимостью учета человеческих возможностей при использовании создаваемой техники. Представители системотехнического направления дают описание процесса проектирования и конструирования посредством различных этапов и посредством выделения требований к создаваемым системам, но в большинстве работ нет собственно психологического анализа процесса проектно-конструкторской деятельности, авторы фактически переходят на позиции логико-процессуального подхода. Так, схемы, приводимые А. Уилсоном, М. Уилсоном, Дж. Диксоном,

П. Хиллом, К. Джонсом, Я. Дитрихом практически мало добавляют к схемам, приведенным еще Д. Росманом и П. М. Якобсоном. Различные схемы встречаются в ряде других работ по проектированию систем, анализу инженерной деятельности. К краткому критическому анализу их можно добавить замечания психолога и изобретателя Е. А. Милеряна: «Ни один реальный процесс создания изобретений не может быть уложен в прокрустово ложе какой бы то ни было схемы. Обычно творчество изобретателя представляет собой чрезвычайно сложное и непостоянное сплетение психических состояний и процессов, течение и взаимосвязь которых зависит от объективных условий труда, наличного фонда умений, знаний и навыков человека, его творческих, интеллектуальных, волевых и эмоциональных качеств. У каждого изобретателя вырабатывается индивидуальный стиль работы, который накладывает свой отпечаток на процесс творчества. Поэтому, например, выяснение принципа изобретения может предшествовать усмотрению потребности в нем, на стадии технического оформления идеи могут возникать принципиально новые решения поставленной задачи и т. п.» [23]. Иначе говоря, любой творческий процесс необходимо характеризовать собственно психологически, соответствующим образом представляя и процесс и личность решающего.

Развитие указанных подходов к изучению изобретательской и конструктивно-технической, проектировочной и конструкторской деятельности подготовило почву для построения теории системно-стратегического подхода.

Исследования позволили выделить в структуре творческого процесса конструирования три основных цикла: понимание технических требований, содержащихся в условии задачи; построение замысла решения; достижение подтверждения или неподтверждения правильности замысла.

Первый цикл в решении задачи — ознакомление с условием, понимание представленного задания, субъективное переживание момента понимания (конструктор оценивает информацию и принимает решение по этому поводу). Если оценка представленной информации позитивна (в смысле ее доступности и достаточности), то дальнейшие действия конструктора направлены на решение.

Понимание условия задачи — необходимый фактор последующих успешных действий субъекта, важный регулятор процесса решения. В понимании содержится и зародыш формируемого в дальнейшем замысла решения. Формирование замысла (гипотезы) решения задачи—второй основной цикл в процессе решения. Именно замысел должен содержать предопределение искомой конструкции. Для конструктора это предопределение существует в форме образа-комплекса, содержащего данные по структуре и функционированию технической системы, а также представление о необходимых действиях для достижения этой системы. Как видим, здесь полностью моделируется весь цикл технического проектиро-

вания. Степень конкретности, субъективной ясности, уверенности в адекватности замысла всегда будет разной. Но замысел — второй важнейший регулятор процесса решения, поэтому его содержание, полнота, соответствие контексту задачи и т. д. — все это имеет для процесса решения первостепенное значение.

Следующим, последним психологически важным циклом в процессе решения является цикл, связанный с проверкой замысла, апробацией реализуемой стратегии по достижению конструктивно выполнимой системы. Цикл этот, как и два предыдущих, может быть различной протяженности, но главное в нем — момент субъективного переживания уверенности в том, что выбранный замысел соответствует требованиям условия, что намеченное техническое устройство может быть построено благодаря выбранной стратегии действий. Все остальное выполняется за счет практических навыков опыта; конструктор набрасывает эскиз искомой системы и проверяет его параметры, соотносит его с условием задачи, вносит изменения, уточнения, приступает к графическому оформлению, деталировке и др.

Такова общая структура процесса решения конструкторской задачи в реальных условиях, такова психотектоника процесса, какой она представляется в результате специальных исследований.

По существу эти три цикла связаны с принятием трех важнейших решений: оценивание задачи, прогнозирование посредством замысла (проекта будущей конструкции), оценка проекта путем мысленно-графического эксперимента (с расчетами и др.). Эти решения осуществляются, как и любое решение другого, большего или меньшего масштаба, на основании наличия у субъекта образов-эталонов (оценка задачи), а затем образа, развиваемого в процессе проверки замысла.

4. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ИЗУЧЕНИИ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Системный подход получил большое распространение в ряде наук, в том числе и в прикладных. В рамках нашей работы правомерно, рассматривая возможности системного подхода в изучении профессиональной конкретной деятельности, и вполне в соответствии с одним из принципов системности (а именно — относительности этого понятия в реальных условиях, когда система может быть и подсистемой, и метасистемой), выделить как систему саму эту деятельность. Тогда можем считать, что конкретная деятельность является подсистемой в системе психической деятельности вообще (последняя, в свою очередь, является подсистемой в системе человеческой деятельности).

В то же время система конкретной деятельности включает в себя другие подсистемы. Их конечное число (хотя оно, по-видимому, и не так велико) сейчас устанавливать трудно. С нашей точки зрения, можно вполне определенно выделить следующие основные подсистемы: процесс деятельности, личность (субъект

деятельности), продукт деятельности, коллектив (в котором и с которым выполняется данная деятельность), условия (место, время, стимулы и антистимулы и т. д.), в которых протекает деятельность, подсистема реализации продукта деятельности (характер и условия конкретного использования изготовляемого продукта, его непосредственное место в цеху, лаборатории и т. д.). При этом мы ограничились только подсистемами, которые поддаются сознательному учету, заведомо исключив как самостоятельную, например, подсистему биофизиологическую (практически мы ее включаем в подсистему личности), а также включив, скажем, в условия деятельности не только локальные условия, но и социально-общественные в целом. Схематически это наше построение системы деятельности можно представить в виде двух структурных схем (рис. 2 и 3). Каждую из названных подсистем можно представить в виде самостоятельной системы. Например, подсистему коллектива (мы ее называем также подсистемой профессионального и непрофессионального общения) можно разделить на подсистемы руководства и исполнения, или на подсистемы ближайших коллег, сотрудников с эпизодическими контактами, сотрудников, контакты с которыми крайне редки, и т. д.

Системный подход получил применение и в сфере технической деятельности. Это обусловлено значительностью создаваемых технических объектов, устройств, их повышенным влиянием на окружающую среду, когда они (если учесть, что, например, строительство — это тоже своего рода техническое проектирование) во многом даже определяют саму среду. Сколько-нибудь большое техническое устройство уже нельзя создавать без учета системы факторов самого различного рода.

С учетом принципов системности, а также тех основных методологических принципов системного изучения деятельности, о которых шла речь, мы и построили изучение процесса деятельности, процесса конструирования технических систем, так как именно в нем концентрируются все проявления психической активности субъекта, личности и выявляются собственно профессиональные качества работника.

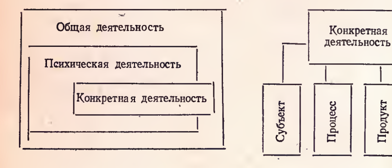


Рис. 2   Рис. 3

Первым шагом, позволившим приблизиться к новому понима-нию структуры процесса решения конструкторской задачи, было изучение замысла, которое показало, как в нем преломляются психологические особенности процесса решения и личности решающего. Замысел решения является концентрацией всего, что ему предшествует, а также прогнозом того, что должно последовать. Несомненно, что замысел — это своего рода психологический эпицентр решения. Но посредством изучения одного только замысла нельзя дать полное описание процесса решения, так как замысел при всей своей важности является лишь одним из «пиков» решения. Всего же таких «пиков» в процессе решения три: понимание условия задачи, формирование замысла, осознание решающим принципиального успеха в решении, когда субъект, сосредоточившись на главном звене задачи, в определенный момент испытывает чувство уверенности в правильности выбранного пути действий.

Выделение названных «пиков», если их рассматривать как этапы решения, не ново, но последние исследования опровергают нашу гипотезу о поэтапном решении творческой конструкторской задачи. Адекватно описать психологический процесс решения задачи с помощью этапов невозможно, и это особенно хорошо подтверждает графмоделирование процессов решения конструкторских задач. Творческий процесс представляет собой параллельное и циклическое развитие понимания задачи и замысла решения, своеобразное пересечение этих «линий» происходит в какой-то точке потока решения, когда субъект обретает уверенность в правильности поиска и выбора. Мы не случайно пользуемся для описания процесса решения понятием «поток решения», несколько видоизменяя понятие, введенное в психологию В. Джемсом («поток сознания»). Решение творческой задачи отнюдь не напоминает движение автобуса от остановки к остановке по заранее заданному маршруту, это именно «поток транспорта в большом городе», хаотический с точки зрения постороннего наблюдателя, с «пробками», «встречным движением», «тонеллями» и «объездами». Конечно, в каждом потоке решения, как и в потоке транспорта, существуют свои особенности.

Такая интерпретация психологической структуры решения позволила нам воспользоваться для целостного описания процесса решения понятием «стратегия», которое мы использовали, имея в виду реализацию замысла, план решения, преобладающие умственные действия. Теперь стало понятно, что более точно термин «стратегия» может быть применен к описанию всего процесса решения, в котором реализуется доминирующая тенденция умственной деятельности личности по отношению к конкретной задаче, типу задач и т. д. Стратегия определяется именно преобладающими тенденциями мышления, их устойчивостью, частотой реализации. Стратегия связана с изучением задачи, обработкой новой информации, поисковой деятельностью, формированием замысла, действиями по реализации замысла, принятием решений на всех этих этапах.

В последние годы термин «стратегия» применяют в психологии. Стратегию определяют с точки зрения выделения правил решения; некоторые исследователи употребляют термин «стратегия» наряду с терминами «метод» и «способ», не делая между ними принципиального различия. Нам кажется, что термины «способ решения», «метод решения», «план решения» не следует рассматривать как синонимы термина «стратегия решения». Способ и метод являются понятиями, достаточно абстрагированными от личности, от индивида; одним и тем же способом или методом решения могут пользоваться различные люди. План решения — это последовательность действий. Мы считаем, что под стратегией решения задачи в психологии следует понимать определенную более или менее гибкую систему субъективно и ситуативно предопределенных действий, в которой преобладает тенденция к субъективному предпочтению одних умственных действий другим. При этом понятие стратегии имеет смысл использовать при анализе решения новых. творческих задач, когда деятельность направлена на получение и преобразование новой информации. При решении задач известных, когда отпадает поисковая сторона деятельности, более уместно употребление понятий «способ», «метод» и даже «алгоритм», если речь идет о решении стандартной, типовой задачи. Вопрос этот не бесспорен, но мы стараемся включить в понятие стратегии психологические показатели, характеризующие человека, решающего новую задачу. Решение же знакомых задач практически опирается главным образом на память, не столь сильно связано с общим умственным напряжением, порождающим эмоциональные и волевые реакции.

Несомненно, что если в формальном отношении стратегию можно представлять, как план принятия решений, то психологически, как вытекает из сказанного, стратегия связана с цепью субъективных предпочтений при выборе того или иного ориентира, способа преобразования конкретной микроструктуры и т. п., а также с распределением конкретных действий, способствующих достижению требуемого результата. В психологическом отношении стратегия всегда индивидуализирована, всегда имеет специфически личностный оттенок, признак. Например, одна и та же стратегия поиска аналогов имеет ряд типичных личностных и ситуационных модификаций (так, деятельность конструктора может характеризоваться тенденцией использовать максимально близкие аналогии, тенденцией искать аналогии именно в структурах механизмов или в функциях механизмов). Конечно, на стратегию влияет и сама решаемая задача, но субъект, как правило, ограничен в выборе ответных действий, поскольку конструкторская практика имеет особенности, нормы, стандарты.

Понятие стратегии, как психологической характеристики процесса и личности решающего, весьма подходит для целостного описания решения конструкторских задач, поскольку понятие стратегии в данном случае включает, с одной стороны, предварительные возможности и действия субъекта, планирование дейст-

вий и осуществление их, а с другой — преобладающие тенденции и методы в действиях конструкторов, связанные с характером проектирования вообще (поиски аналогов, комбинироваиие, использование стандартизованиых узлов и т. п.).

Проводимые в таком направлении исследования позволяют более полно вскрыть психологическую сторону процесса решения творческой задачи проектироваиия технической системы, выявить организующие и регулирующие поток решения факторы; понимание условия задачи и последующих ситуаций, замысел решения. Проявляющиеся в образно-понятийной форме понимание, замысел преломляются, в частности, через разнообразные сравнения, а последние играют весьма важную роль в принятии решений на разных стадиях разработки.

Реализация описываемого подхода в экспериментальных исследованиях позволила, в частности, получить сопоставимые данные по решеиию конструкторских задач профессиональными работниками, студентами и школьниками. Эти данные, помимо прочего, свидетельствуют о том, что обучать творческому проектированию ие следует алгоритмическими методами, вырабатывающими у решающего штампы, схемы решений, фактически тормозящие творческий процесс. Алгоритмические методы вполне применимы для обучения решению стандартных, типовых задач, но не продуктивны там, где должна раскрыться творческая личиость. Как показывают данные по изучению интеллектуальной саморегуляции субъекта при решении конструкторских задач, даже небольшие ограничения, вводимые в процесс решения, могут вызывать большие затруднения и прекращение решения, не говоря уже о заранее вводимых схемах и алгоритмах. Совершенно очевидно, что в творчестве нужио учить стратегическому поиску, пониманию контекстов, формированию замысла, умению принимать решения, а не собственно этапам решения.

Все, о чем шла речь в данной главе, имеет иепосредствеиное отношеиие к обычной практике конструкторской деятельности, так как современный инженер-конструктор должен обладать достаточно широким диапазоном различных зиаиий (не только узко прикладных), что позволит ему максимально успешно выполиять свою непосредственную работу, ориентироваться в тенденциях развития системы наук о конструировании.

Следующая глава посвящена специальному рассмотрению психологической структуры процесса конструкторской деятельности. Понимание конструктором особенностей протекания этого процесса должно способствовать более успешному использованию имеющихся знаний, умению избегать ошибок, обусловленных особенностями функционирования нашей психики.

Глава II

ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПРОЦЕССА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Процесс решения новой задачи, сопряженный с поиском, творчеством, всегда имеет реальную картину, не поддающуюся полному повторному воспроизведению; если будет решаться точно такая же, или очень похожая задача, то поведение субъекта может быть в значительной части копией его предыдущего поведения (при решении первой задачи), но не будет точно таким же; если решается новая задача, то субъект ищет новые средства для ее решения. Картина нового решения будет иметь специфику, хотя и в первом и во втором случаях имеется много общего, сходного, что и создает условия для изучения творческой мыслительной деятельности. Это сходство проявляется в понимании условия задачи, построении замысла решения, в сознательном утверждении стратегии решения задачи — в этих трех основных координатах решения, вокруг которых концентрируется собственно творчество и которые, давая в своем итоге результат понимания, замысел, субъективную уверенность в соответствии замысла, являются основными психологическими регуляторами конкретного процесса решения, или, как мы условились его называть, потока решения.

Регулирование потока решения, управление этим потоком осуществляются не только сознательно; большая часть работы происходит в сфере, не осознаваемой субъектом. Но основные, решающие для успеха моменты, как правило, всегда осознаются, оцениваются, соотносятся с условием задачи и техническими возможностями реализации проекта. Тем не менее мы сочли целесообразным специально рассмотреть регулирующую роль догадки — см. п. 3 этой главы.

Если уж речь идет о регуляции процесса решения, нельзя не сказать, что кроме понимания, замысла, догадки существуют и другие, очень важные регуляторы. Например, одним из решающих регуляторов является комплексное состояние готовности к решению, желание решать задачу; это, так сказать, предварительный, но необходимый регулятор, или, если иметь в виду только начало решения, «включатель». Мы лишь в общих чертах анализируем роль этого регулятора, хотя среди причин отказа от решения уже в ходе самого решения или при наличии некоторых обстоятельств (например, затруднение условий решения), причиной отказа может быть и недостаточная заинтересованность субъекта в решении. Точно также нужно помнить о регулирующей роли знаний, умений, навыков, но их мы, как правило, включаем в реализацию понимания, построения замысла, стратегии. Некоторые другие качества личности решающего конструкторскую задачу субъекта, играющие регулирующую роль в управлении потоком решения, расматриваем при изучении личностных качеств конструктора.

Итак, рассмотрим основные психологические регуляторы процесса решения: понимание, замысел, стратегию и догадку.

1. ПОНИМАНИЕ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Рассмотрение структуры процесса решения конструкторской задачи показывает, насколько важную роль играет понимание самой задачи, проблемы, вытекающее из уяснения условий задания.

В целом проблема понимания не осталась в психологии без внимания. Однако проблема эта изучалась мало, особенно в отношении конструкторских задач. Здесь мы коснемся вопросов общей теории понимания, а также роли понимания в решении задач вообще и конструкторских в частности.

Длительное время термин «понимание» не рассматривался в психологии (да и в философии), как научный и самостоятельный. Объяснение этому можно дать одно: до сих пор отсутствует единая психологическая (и общая) теория понимания, хотя предпосылки для построения такой теории, по нашему мнению, уже созданы. Так, Г. С. Костюк, сделавший существенный вклад в изучение процесса понимания, как части мыслительного процесса, в обзорной работе по вопросам мышления отмечает, в частности, следующее. Понимание, зарождающееся в самом чувственном восприятии, является опосредованным, аналитико-синтетическим процессом, который включает выделение основных элементов в определенной ситуации, «смысловых вех» и объединяет их в единое целое. Процесс понимания становится особенно сложным при необходимости понять новые объекты, раскрыть смысл текста и т. п. Понимание — это процесс синтезирования через анализ. Отсутствие объединения элементов является одной из главных причин непонимания. Понимание всегда осуществляется на основании накопленных знаний и опыта. Такие явления, как «озарения», инсайт, объясняются завершением именно аналитико-синтетической работы. Очень важным средством понимания является речь, в частности, внутренняя; соотношение между образом, словом и действием в зависимости от того, какой материал необходимо понять, также играет большую роль в процессе понимания.

Н. Д. Левитов рассматривает техническое понимание, как компонент технической деятельности. Под техническим пониманием он имеет в виду правильное и быстрое распознавание структур и функционирования приборов или машин, их применения и способов использования. Чтобы понять структуру механизма, нужно уметь вообразить детали, установить их взаимные связи в действии, сравнить с другими, отнести их к той или иной категории. Элементы распознавания составляют основу понимания структуры целого механизма, найдя который, субъект размышляет о том, для чего он предназначен, как функционирует и т. д.

Н. Д. Левитов подчеркивает важность умения представить механизм и его детали в движении, динамике, отмечая при этом особую роль памяти (припоминания), а также воображения и

умения представить предмет в трех измерениях, работу машины в изменяющихся состояниях. В мыслительном процессе, который ведет к пониманию, используются все данные наблюдения, памяти, воображения. Особую роль играют операции анализа и синтеза структуры и функций машины (при чтении чертежа, монтаже, проектировании).

Как отмечают почти все, кто изучал понимание, последнее определяется установлением связи нового с уже известным, включением новой информации в систему уже имеющихся сведений.

Исследования показывают, что нельзя сводить проблему понимания только к вопросам узнавания, опознания, сличения и т. п. Понимание основывается на установлении существенного в задаче, в признаках объектов. Это существенное выделяется не только путем сравнения изучаемого объекта с другими известными объектами (эталонами), но и установлением существенных связей между объектом и его признаками и условиями, в которые он помещен. Кроме того, в любом объекте необходимо всегда различать и синтезировать одновременно как форму, так и содержание. Скажем, субъекту предложены тексты, абсолютно идентичные по содержанию, но на разных языках. Если оба языка одинаково хорошо известны субъекту, то и понимание будет одинаковым, но если один из языков малоизвестен, то один из текстов вызовет затруднения вплоть до полного непонимания содержания (будет только восприятие, формирование перцептивного образа, будет и сличение, но не будет понимания смысла). В данном случае форма понятна (буквенные представления, например, латинским шрифтом), но непонятно содержание. Опять-таки, субъект может прочесть на известном ему языке описание механизма, но если он не инженер или даже инженер, но описаны механизмы, не знакомые ему, то понимание текста затрудняется или вообще исключается.

И еще один случай общего характера. Субъекту может быть в принципе полностью доступна и форма предъявляемой информации и заключенное в ней содержание. Но у него может отсутствовать умение соответствующим образом перерабатывать эту информацию до получения представления о заключенном в ней смысле (на этом построены многие головоломки). Есть и другие случаи, когда рабочая информация может быть недоступной субъекту: так, опытный рабочий может не разбираться в сложном чертеже прибора, на котором он работает, и т. п.

В конечном итоге правомерно говорить о понимании, как процессе решения задачи, если иметь в виду, конечно, новизну этой задачи (формальную или содержательную, или ту и другую). Такая задача будет подзадачей в процессе решения той задачи, в которую она входит. Понимание в приложении ко всему процессу решения задачи следует, очевидно, разделить, по крайней мере, на два этапа: понимание условия задачи (требований задачи, ее сущности) и понимание искомого ответа (его правильности, соответствия); это не два различных понимания, а сливающиеся

в одно, но между ними существует процессуальная «перемычка»— переход от понимания того, что дано, к пониманию того, что нужно найти. Это последнее все более и более развертывается, хотя постоянно соотносится с первым, является его продолжением.

Очень важным является вопрос о критериях понимания. В связи с ним нужно рассматривать и вопрос о полноте понимания. Если говорить о критериях понимания человеком ситуации (например, понимание пешеходом транспортной ситуации на улице большого города), то критерием правильности понимания будет само поведение человека или его описание этой ситуации. При решении технических задач основным критерием также является решение и его правильность. Дополнительными критериями могут быть пересказы условия «своими словами», комментарии к ним, рисунки, различного рода объяснения, макеты, модели и т. п. Нужно отметить, что вполне надежного, сложившегося комплекса критериев понимания в современной психологии еще нет. Более того, проследить за процессом понимания подчас бывает невозможно. Мы имеем в виду догадку, инсайт, когда в сознании субъекта появляется только результат решения, результат понимания. Здесь на первый план выступает задача максимально замедлить, развернуть процесс понимания. Это, как отмечено ранее, достигается при решении новых творческих задач, при введении различного рода затруднений (в наших исследованиях ими были временные ограничения, изменения исходного условия задачи в ходе его решения и др.).

В исследованиях, направленных на выявление особенностей понимания конструкций, технических объектов, в частности, условий конструкторских задач, важным критерием понимания может быть чертеж, эскиз, выполняемый субъектом на основании получаемой из технического задания информации. Особенно это надежно в тех случаях, когда исходное условие представляется в форме чертежа, схемы со сравнительно коротким, «скупым» текстом. Хорошим критерием понимания условия будет словесный комментарий, хотя и здесь выполнение «своего» чертежа остается все же более надежным критерием, из-за специфики этого вида деятельности. Ведь конструкторскую деятельность, о чем уже шла речь, в сущности представляют образно-графические действия, причем мы имеем дело в большинстве случаев со зрительными образами конкретных устройств, словесный комментарий при этом далеко не всегда играет существенную роль, чаще он дополняет зрительные образы.

В отношении полноты понимания можно сказать, что здесь некоторые трудности ее точного определения практически пока непреодолимы. Мыслительная деятельность человека, как известно, проходит в сочетании сознательной и подсознательной сфер, причем это сочетание индивидуально и предопределено также самой ситуацией. Очень редко, да и то в очень простых ситуациях, субъект может с уверенностью подтвердить, что он полностью понимает задачу. Чаще же это понимание гипотетично, предварительно

или по меньшей мере, не вполне осознано. Пока что в психологии практикуется опрос испытуемых в процессе самого решения, что искажает этот процесс, или после решения, что чревато искажениями сути, поскольку, выйдя из состояния решающего задачу, человек в силу ряда причин (эмоциональное состояние, усталость и др.) неверно или не вполне верно отражает происшедшее.

Нами проведено специальное исследование, направленное на изучение общих закономерностей понимания условия задачи профессиональными конструкторами [24, 25].

Результаты исследования показали, что понимание условия технической (конструкторской) задачи, которая является новой для испытуемых, представляет собой мыслительный процесс, опирающийся, в первую очередь, на опережающие или синхронные процессы восприятия, памяти, внимания и воображения. Отделить эти процессы практически невозможно.

Понимание условия решаемой задачи является необходимой предпосылкой построения замысла и последующего решения. С другой стороны, процесс понимания содержит в себе выдвижение и решение гипотез, необходимые решающему субъекту для того, чтобы понять конкретные условия.

Нам удалось обнаружить в процессе понимания условия задачи отдельные характерные этапы этого процесса. Мы рассматриваем их в той последовательности, в какой они наиболее часто встречались, хотя нужно оговориться, что некоторые этапы выпадали или же менялись местами.

1. Общее ознакомление с условием задачи. На этом этапе испытуемый читает текст условия, глобально изучает чертеж (если он имеется). Для испытуемого важно прежде всего понять общий смысл задачи, чтобы дать ей предварительную оценку; после первой попытки узнавания условия он решает, знакома ему задача или нет (оценка по типу «решал — не решал»). Хотя этот этап и не играет ведущей роли в решении и в конечном результате понимания, от его исхода зависит скорость и направленность понимания условия, поскольку он создает у испытуемого определенную установку на задачу. Эта установка может не носить ярко выраженного характера — у испытуемых появляется лишь смутное чувство, что им в задаче «что-то знакомо».

2. Подобное смутное чувство часто способствует целенаправленному изучению отдельных частей условия. На втором этапе процесса понимания испытуемые выполняют первую «внутреннюю» классификацию — они делят условие на две части: главную и второстепенную. К главной части условия относится, как правило, конечное назначение конструируемого объекта, его функция, вопрос об общей структуре. Так, в наших задачах испытуемые делали ударение на том, что пульт предназначен для слежения и управления за объектом (объектами), и при решении первой задачи отмечали, что пульт должен быть примерно такого типа, как это указывалось на прилагаемом чертеже (также при решении третьей задачи, а при решении второй — то же самое фикси-

ровалось словесно без ссылки на имеющийся чертеж). Испытуемым предлагались задачи: 1) конструирование пульта управления технологическим процессом обработки детали в механическом цехе; 2) конструирование пульта управления авиадиспетчера (в общих параметрах); 3) конструирование мнемосхемы управления энергосистемой.

3. Следующие три этапа настолько тесно связаны между собой, что при их порядковом распределении мы испытали большие затруднения. Пришлось выполнить это условно, так как любой из них в конкретном случае или опережал другие, или сливался с ними. Итак, далее следует соотнесение текста и чертежа (если в условии имеется то и другое), специальная проверка соответствия чертежа тексту и текста чертежу. Чертеж, даваемый, как правило, достаточно схематически (как и в наших условиях), проверяется по описанию функции и структуры, даваемому в тексте. Испытуемый по частям читает условие и затем переносит внимание на чертеж, затем снова возвращается к тексту и так до тех пор, пока не будет полностью соотнесено все, о чем говорится в тексте, с изображением (или наоборот, если первоначально внимание останавливается на чертеже). Здесь испытуемые вносят коррективы общего порядка, связанные с несоответствиями между текстом и чертежом (коррективы делают устно, чертеж исправляют).

Если в исходном условии содержится только текст или только чертеж условия, действия испытуемого направлены на то, чтоб[illegible] компенсировать отсутствие одного из видов исходной информаци[illegible] Так, при текстовом условии испытуемый должен выполнить чертеж; при графическом условии он стремится к тому, чтобы рассуждениями гипотетического характера восполнить отсутствие словесной информации.

4. Соотнесение текста с чертежом, восполнение недостающей информации в самом условии способствуют одновременно перекодированию условия задачи на «свой» язык: испытуемый выполняет чертеж так, как позволяют ему его знания и умения, точно так же он высказывает суждения, которые имеются у него в запасе и которые возникают при соотнесении знаний с конкретной проблемой. В итоге у него происходит соотнесение условия со своими знаниями на новом уровне, когда более подробно изучаются все части условия, что способствует разбивке условия уже не на две части (главную и второстепенную), а на несколько (например, выделение в конструкции главных узлов — структур и их функций).

5. От аналитического изучения испытуемые вновь переходят к условию в целом, причем путь от анализа к синтезу характеризуется переформулировкой условия задачи в определенном ключе. Если первоначально отмечалась суть задачи (сконструировать пульт для определенной цели), то теперь эта суть рассматривается со стороны возможностей самого испытуемого. Происходит своеобразный переход от рассуждений типа «нужно», «требуется», («мне нужно») к рассуждениям «я могу», «я должен» и т. п.

Можно утверждать, что на этом этапе испытуемый еще раз взвешивает свои возможности, он уже выделил основной вопрос в задаче, примерно знает, каковы запасы его знаний в целом. Это уже понимание, хотя и не включающее в себя понимания основных подпроблем — понимания путем соотнесения, сравнения в конкретном направлении. И одновременно конструктор осознает (хотя еще и не детально), как он может использовать свои знания; как он их в действительности использует — это уже другой вопрос.

6. Конкретное использование предыдущих знаний выражается через сравнение, установление аналогий и противоположностей (сходства и различий) и перенос. Осуществляя переход от абстрактного к конкретному, испытуемые стремятся к тому, чтобы найти такие (из числа важных) участки, посредством разработки которых можно приблизиться к разрешению основной проблемы в задаче (этот этап, как и предыдущий, тесно связан с процессом формирования замысла решения задачи).

Было бы неверным утверждать, что соотнесение, сравнение начинается именно на этом этапе, поскольку элементы его встречались раньше, не говоря уже о синтетическом соотнесении всего условия задачи со знаниями («проецирование новой задачи на экран опыта»), но теперь сравнение носит самостоятельный и направленный характер. Отталкиваясь от подобного или поступая вразрез с ранее известным, конструктор заполняет «белые пятна» в условии новой задачи. Нельзя, однако, понимать эти действия так, что они приведут уже к самому решению, а если не к решению, то к гипотезе относительно самого решения, ведь все эти действия носят сугубо проверочный характер. Испытуемым необходимо увериться в том, что их представление о частях новой конструкции (как они ее мыслят на данном уровне решения — понимания) соответствует объективной действительности: конкретные структуры могут быть именно такими, определенные структуры могут иметь именно такие функции и т. п. Перенос структур и функций в контекст изучаемой задачи позволяет обрести или утратить такого рода уверенность.

7. В итоге выполнения ряда умственных (в том числе и реализуемых графически) действий наступает момент, когда конструктор может дать окончательную оценку условию решаемой задачи. Эта возможность возникает благодаря тому, что условие тем или иным образом оказывается апробированным имеющимися знаниями. Здесь можно выделить два основных типа включения условия решаемой задачи в цепь знаний и опыта испытуемого: 1) условие заполняет пробел среди уже имеющихся знаний (мы назвали этот путь интерполяцией); 2) условие дополняет имеющиеся знания, продолжает их (мы назвали его экстраполяцией, ср. с терминологией Ф. Бартлетта). В первом случае испытуемые словно «окружают» условие задачи своими разрозненными знаниями, которые не имеют достаточно сходных принципиальных частей; во втором — у испытуемых имеется своеобразная база, которая и позволяет

«настроить» новое условие. Отметим, что разные испытуемые (инженеры-механики и инженеры-электрики) по-разному пользовались приемами интерполяции и экстраполяции, а иногда эти приемы сливались, реализовались совместно.

8. В конечном счете у испытуемого наступает уверенность в том, что условие предложенной задачи им понято. Следствием такой уверенности является выдвижение гипотезы о пути решения (замысел), начало практических действий по осуществлению гипотезы, а чаще всего (если задача сугубо творческая) начинается поиск пути решения. Следовательно, этот заключительный этап, являющийся переходным — от понимания к формированию замысла, можно считать определяющим в процессе понимания условия задачи. Отмечены случаи, когда испытуемые как будто правильно поняли условие задачи, но не смогли приступить к поискам решения. Такое явление обусловлено, по-видимому, двумя основными причинами: отсутствием соответствующих знаний (это явление в наших экспериментах было сведено к минимуму) или чисто внешним пониманием — пониманием словесных формулировок текста условия, пониманием того, что изображено на рисунке, — без проникновения в суть задачи (например, без представления о конкретном функционировании пульта).

Нельзя утверждать, что понимание задачи заканчивается с началом практических действий направленных на поиски решения. Наоборот, поиски всякий раз углубляют понимание задачи, глубже и шире раскрывают ее смысл. Лишь само решение, отвечающее требованиям задачи, показывает, правильно ли она понята конструктором. Но поскольку речь идет о понимании самого условия задачи, можно говорить, что процесс понимания (или в плане структуры всего решения — цикл понимания) в основном закончился, когда конструктор принял решение о направлении поисков ответа на вопрос (или вопросы), составляющий сущность задачи.

Как протекает конкретно процесс понимания испытуемым (конструктором) условия задачи? Выше нами рассмотрены основные этапы этого процесса. Можно представить этот же процесс с помощью терминологии, учитывающей участие в нем наиболее важных психических функций: процесс понимания начинается с процесса восприятия, способствующего концентрации внимания на условии задачи (здесь нужно учесть, что повышение внимания должно находиться в прямой связи с потребностями, мотивацией деятельности субъекта); затем к процессу «подключается» память, и, если ее данных недостаточно, если нет узнавания (полного), испытуемому приходится проявить дополнительную активность для того, чтобы понять суть задачи, другими словами, ему необходимо выполнить специальные поисковые действия.

Такая схема является, конечно, несколько упрощенной. Следует обратить особое внимание на субъективность процесса понимания: в каждом отдельном случае приходится иметь дело с конкретным субъектом, который обладает присущими только ему психическими свойствами (индивидуальные особенности памяти,

мышления). Поэтому мы и наблюдаем различие в понимании одного и того же условия технического задания даже примерно одинаково подготовленными специалистами, например, конструкторами-механиками с равным стажем работы. Учитывая это, мы можем более четко представить реальную сущность процесса понимания условия конструкторской задачи.

Приступая к изучению условия новой задачи, конструктор опирается на весь комплекс имеющихся у него знаний и умений. Можно говорить о том, что у него в этот момент существует «общеконструкторская установка», т. е. все, что он знает и умеет, приведено в состояние готовности. Однако первое прочтение условия, изучение чертежа как бы сужают диапазон использования имеющихся знаний, испытуемому становится ясно, что нет необходимости в активизации всего опыта. Эта первая (не всегда, по-видимому, осознанная) классификация требует «переустановки» — перехода от абстрактной готовности решать любую задачу к готовности решать задачу конкретную. Теперь уже имеет значение то обстоятельство, какой будет именно эта конкретная установка и будет ли она вообще. Остановимся на взаимоотношении между установкой и процессом понимания условия задачи. Под установкой мы понимаем готовность субъекта к совершению определенных действий, как она понималась Д. Н. Узнадзе и его учениками [6]. Под установкой следует понимать целостное состояние субъекта, но здесь мы будем говорить лишь об умственной установке, поскольку другие факторы психической деятельности испытуемых нами в исследованиях далеко не всегда учитывались.

Понимание условия задачи опирается на процесс сравнения на всех этапах. От общего сравнения к частному (от конструкции в целом к ее основным узлам и деталям), которое позволяет установить связи и зависимости между отдельными блоками и элементами, и от частного к новому синтетическому сравнению — так протекает процесс понимания условия задачи.

Вне процесса сравнения понимание невозможно. Следует подчеркнуть, что сравнение способствует пониманию через аналоги и различия, устанавливаемые при сопоставлении конструкций. По мере изучения условия задачи наблюдается переход от более общих аналогий и различий к более конкретным, но затем испытуемым нужно вернуться к конструкции в целом, чтобы проверить соответствие подбираемых узлов основной функции механизма или прибора.

Образ конструируемого механизма развивается на основе выбора эталона из прошлого опыта, сравнения его с задаваемыми координатами посредством рисунка, конкретизации путем привнесения новой информации, отвечающей требованиям условия. На начальных стадиях решения задачи такой переработке информации способствуют умственные установки, описанные выше. Далее мы более детально остановимся на отдельных этапах формирования образа конструируемого механизма.

Эксперименты показали, что на первой основной стадии решения задачи — стадии изучения условия и начала формирования образа проектируемого механизма — у испытуемых можно выделить четыре основных тактики, с помощью которых они добивались желаемого результата. Тактики здесь и далее рассматриваются, как принципиально значимые действия конструкторов, направленные на преобразования, построения одной из главных частей устройства в пределах одного из циклов решения задачи (изучения условия задания, формирования замысла, реализации замысла). В рабочем порядке мы дали следующие названия тактикам:

1) тактика фокусирования (концентрации) внимания на наиболее знакомой части условия;

2) тактика фокусирования внимания на наименее знакомой части условия;

3) тактика графической интерпретации основной функции механизма;

4) тактика графической конкретизации деталей механизма.

Имеет смысл оговориться, что эти тактики, по-видимому, не исчерпывают всех приемов, способов мыслительной деятельности инженеров. Во всяком случае значительная часть действий конструкторов (в среднем 20—25 %) осталась нерасшифрованной — мы отнесли их к числу комбинированного сочетания четырех указанных тактик, хотя полной уверенности в этом нет. Остался открытым вопрос об инвариантности тактики при решении задач разного типа; здесь еще предстоят самостоятельные исследования.

В мыслительной деятельности инженеров также имеют место общестратегические подходы к условию задачи в целом — синтетический и аналитический. Преобладает синтетический подход, т. е. испытуемые стремятся решить задачу по основной функции, а затем уже «детализировать» структуру механизма. Аналитических подходов на этой стадии решения меньше (в среднем на 15—25 %). Между общестратегическими подходами к условию задачи и тактиками понимания есть зависимости (две первые тактики больше связаны с синтетическим подходом, а две другие — с аналитическим).

Следует кратко остановиться на явлении, которое часто неотделимо от процесса понимания. Мы имеем в виду непонимание и неправильное (неадекватное) понимание.

Проанализировав случаи непонимания или неправильного понимания условий решаемых задач, мы пришли к выводу, что главные из них следующие: а) испытуемые не имеют достаточного запаса знаний и опыта; б) не умеют привести свои знания в состояние, позволяющее интерпретировать условие решаемой задачи; в) не могут адекватно воспринимать условие из-за его кода (только текст или только чертеж).

Кроме того, неправильная интерпретация исходного содержания решаемой задачи бывает обусловлена такими причинами: 1) неадекватным использованием своих знаний; 2) неумением

адекватно соотносить части условия между собой (по структурным, функциональным и другим признакам); 3) гипертрофией внимания к какой-либо отдельной части условия; 4) ошибками в соотнесении рисунка и текста; 5) неумением отделять существенное от несущественного в самой гипотетической или заданной конструкции.

Из сказанного становится понятным, что устранение отрицательных эффектов при непонимании и неправильном понимании должно идти путем повышения соответствующего запаса знаний и развития специфических умений анализировать конструкции (в первую очередь по их существенным структурным и функциональным признакам).

В заключение подведем наиболее важные, по нашему мнению, итоги.

1. Правильное понимание условия технического задания является необходимой основой решения и достижения желаемого результата. Под правильным пониманием следует иметь в виду процесс установления существенных признаков устройства, описываемого в задании, установления существенных связей между этими признаками и имеющимися в знаниях субъекта образцами, эталонами, что позволяет объективно интерпретировать информацию, содержащуюся в техническом задании. В процессе понимания ведущая роль принадлежит мышлению, но в нем весьма существенна роль восприятия, внимания, памяти и других психических функций.

Конечная цель процесса понимания — достичь эффекта понимания исходного условия задания, позволяющего испытуемому уяснить, **что** требуется выполнить и **каковы** объективные показатели и характеристики представленных в этом условии механизмов.

Чтобы понять условие решаемой задачи, конструктору необходим определенный запас специальных знаний. Скорость и полнота понимания зависят от уровня этих знаний и от умения соотносить их с конкретным условием, а также от индивидуальных качеств мышления конструктора. При этом понимание условия задачи следует отличать от понимания пути решения, стратегии мыслительной деятельности, направленной на решение.

Мы упомянули о специальных знаниях не случайно. В настоящее время большинство задач успешно решаются лишь соответствующим образом подготовленными инженерами. Об этом свидетельствует и наш эксперимент, в котором испытуемым трех групп предложили решить задачи на проектирование пультов управления (были выбраны достаточно простые пульты; главное внимание обращали на то, как и насколько конструкторы понимают условие задания). Первая группа — инженеры, никогда не конструировавшие подобных пультов, вторая — инженеры с небольшим опытом создания устройств подобного типа, третья — то же, что и вторая, но с испытуемыми проводили занятия по основам инженерной психологии с четкой ориентацией на особенности создания пультов управления, исходя из возможностей человека-

оператора. В итоге все инженеры понимали условие задания, но это было различное понимание, которое можно определить как неквалифицированное, малоквалифицированное и квалифицированное (оно соответствовало первой, второй и третьей группам). Если инженеры первой группы понимали, что нужно сконструировать, то инженеры второй и особенно третьей групп понимали и то, как следует конструировать с точки зрения современных требований. Положение это с психологической стороны является довольно простым, но в конструировании за ним стоят чрезвычайно важные экономические и эксплуатационные последствия, поскольку этим, в частности, определяется профессиональная компетентность конструктора в широком смысле.

2. Процесс понимания условия задачи состоит из ряда основных этапов, которые следуют один за другим чаще всего в таком порядке:

общее ознакомление с условием задачи (чтение текста, глобальное изучение чертежа), первичная оценка условия;

разделение условия задачи на главную и второстепенную части;

соотнесение текста и чертежа (внесение общих корректив);

перекодировка формы условия (выполнение «своего» чертежа, словесное комментирование исходного чертежа);

новый уровень изучения частей условия задачи;

выделение квинтэссенции задачи и соотнесение ее со своими знаниями;

установление аналогий и различий, перенос структур и функций в новое условие;

интерполяция и экстраполяция условия новой задачи по отношению к имеющимся знаниям;

момент понимания условия и переход к построению замысла решения задачи.

3. Конструктор, располагающий к моменту ознакомления с условием новой задачи определенными знаниями и умениями, должен суметь перестроить эти знания таким образом, чтобы они составили новую установку, позволяющую понять условие. При этом он должен использовать как свои знания о конструкциях и их функциональных качествах вообще, так и новые знания, полученные из нового условия.

Перестройка знаний и усвоение новых знаний осуществляются благодаря следующим умственным действиям и приемам: перекодированию текстовых данных в зрительно-образные и наоборот, соотнесению образных и понятийных данных условия, разбивке условия на главную и второстепенную части, выделению в условии известных и неизвестных частей, синтетическому сравнению условия с другими задачами, приемами аналогии и противопоставления, переноса отдельных блоков структуры и ее функций.

Все указанные приемы опираются на основные мыслительные операции: сравнение, анализ и синтез, абстрагирование и конкретизацию, классификацию.

4. Решая предложенные нами задачи, конструкторы в ряде случаев должны были изучить условия задач в трех формах: текстовой, графической и комбинированной (текст с чертежом). Оказалось, что оптимальными для успешного решения (в данном случае — понимания) оказались комбинированные условия, а наименее оптимальными — текстовые. Этим подтверждается специфика деятельности конструкторов, связанная с мышлением конкретными зрительными образами и с опорой на знания, закрепленные вербально.

5. Конкретную основу понимания условия задачи для субъекта составляет его уверенность в том, что задаваемые данные не содержат противоречия между структурой конструкции и ее функциями. Первоначально выдвигаются гипотезы относительно такого соответствия. Эти гипотезы относятся ко всей конструкции в целом или к наиболее важным ее частям. Проверка этих гипотез и является фактически процессом понимания, основанным на создании новой установки.

Как показано ниже (см. п. 2), понимание условия решаемой задачи составляет органическую основу формирования замысла (проекта) будущей конструкции.

Таким образом, данный цикл процесса решения требует особого внимания в творческих разработках.

2. ФОРМИРОВАНИЕ ЗАМЫСЛА

Изучение процесса мыслительной деятельности, структуры процесса решения задачи показывает необходимость исследования направленности такого процесса, а также психологических факторов его регулирования. В связи с этим особый интерес представляет изучение замысла решения, поскольку замысел как результат мыслительной деятельности организует и направляет дальнейший процесс решения, содержит в себе предвидение окончательного решения.

Отмечено, что решение конструкторской задачи начинается с ознакомления с ее условием. Уже первое знакомство с условием задачи и с прилагаемым к тексту чертежом определенным образом активизирует умственную деятельность испытуемых, вызывает у них ассоциации, которые возникают в основном непроизвольно при восприятии текста и чертежа. Эти ассоциации разнообразны по содержанию и по форме. После разового прочтения испытуемыми условия задачи и ознакомления с чертежом (в течение 30 с) мы выясняли, какие ассоциации возникали у них при первом ознакомлении с условием задачи (для этого испытуемым задавались специальные вопросы). В большинстве случаев ассоциации были связаны с общим реагированием, они распространялись на все условие задачи и на ее основное содержание.

В случае общего реагирования на условие задачи испытуемые говорят: «Таких задач я не решал» или «Сходную задачу я когда-

то, кажется, решал» и т. п. Уже при первом реагировании на условие испытуемые могут выполнить грубую классификацию содержания задачи. Например, испытуемый заявляет: «Это задача на передачу движения».

Цельное восприятие условия (текста и чертежа), когда схватывается основная суть задачи, ее основное содержание, характеризует первый этап ознакомления с задачей и начало понимания. Опытные конструкторы сами подтверждают эту особенность: «Первое знакомство с условием задачи позволяет мне прежде всего выполнить первичный грубый анализ условия. Этот анализ даст возможность сразу же отнести задачу к какой-то группе известных мне ранее задач, а именно к группе задач, которые я уже решал, или к группе не решавшихся ранее задач. Во-вторых, я сразу же непроизвольно, почти автоматически выполняю и чисто техническую классификацию. Например, я вижу по условию, что эта задача механическая (скажем, на материале кинематики) или же электромеханическая, включающая и механические, и электротехнические требования».

Как правило, на первом этапе ознакомления с условием у конструкторов можно отметить общую синтетическую интерпретацию условия задачи. Эта интерпретация включает в себя первичную, грубую классификацию новизны задачи и ее общего технического типа (содержания).

Гораздо реже можно отметить, что при первом знакомстве с условием задачи конструкторы останавливают внимание на частностях и возникающие у них ассоциации носят, так сказать, периферический характер. Эти частные ассоциации нередко прямого отношения к конкретной задаче могут не иметь.

В большинстве случаев дифференциация условия задачи начинается позже, при повторном ознакомлении с текстом и чертежом. По мере углубления в условие задачи появляются более конкретные ассоциации, устанавливаются связи с элементами конструкции и их назначением. Внимание испытуемых чаще всего сосредоточивается на узлах и частях конструкции, отдельных смысловых положениях задачи.

Активизация прошлого опыта происходит благодаря ознакомлению с текстом и чертежом. Чертеж в конструировании выполняет особо важную роль, в частности, на этапе ознакомления с условием задачи. Это подчеркивают конструкторы: «Чертеж, прилагаемый к условию задачи, очень много поясняет, особенно подробный. Благодаря ему сразу отпадает масса вопросов, так как перед глазами имеется вполне определенная конструкция, позволяющая ориентироваться в выборе пути решения», — отмечает в беседе инженер-механик с девятилетним стажем работы.

Чертеж всегда конкретен и эта его конкретность также способствует первичной классификации механизма в условии задачи. По чертежу конструктору гораздо проще представить детали, их взаимное положение и т. п., так как чертеж более однозначен, по меньшей мере во внешнем представлении деталей.

2 Зак. 331

По мере знакомства с условием задачи конструкторы переходят от общего анализа к более дифференцированному, частному. По мере конкретизации условия задачи значительно возрастает интерес к чертежу, позволяющему производить более тонкую классификацию условия задачи.

Конструктору необходим какой-то отрезок времени для достаточного восприятия условия задачи, для «включения» требований условия в систему имеющихся знаний, в целях активизации этих знаний и сопоставления их с данными задачи. Конечно, не приходится говорить о жестком, едином регламенте времени, необходимом для понимания задачи: в каждом отдельном случае (это прямо связано с самой задачей и с психическими возможностями каждого конструктора) время будет различным. Было замечено, что в среднем субъекту необходимо 3—6 прочтений текста условия и изучение чертежа в течение примерно 2—5 мин. Таким образом, процесс решения задачи начинается с понимания, которое можно условно разделить на два этапа: этап общего, синтетического понимания и этап дифференциации условия, анализа его частей. Понимание условия задачи может в дальнейшем углубляться, но эти этапы, как показывают исследования, предшествуют зарождению и формированию замысла.

Наши экспериментальные данные показывают, что обычно замысел не возникает при первичном ознакомлении с условием новой задачи. Хотя и наблюдались случаи, когда испытуемые немедленно по прочтении условия и ознакомлении с чертежом намечали путь решения, но в большинстве случаев они не достигали успеха в решении, так как упускали из виду не второстепенное, а принципиальное положение условия. Случаи же успешно воплощаемого замысла, возникающего непосредственно при первом знакомстве с задачей прежде всего обусловлены большим сходством решаемой задачи с ранее решавшимися [24; 35].

О понимании испытуемыми условия задачи можно было судить по выполнению ими исходного чертежа и по рассуждению вслух, свидетельствующему о правильном толковании условия. Кроме того, испытуемым задавали вопросы, с помощью которых удавалось установить более точно наличие понимания. Самым же надежным критерием правильного понимания условия задачи было правильное ее решение и в частности, окончательные эскизы.

Можно сказать, что понимание условия конструкторской задачи позволяет решающему осознать особенности структуры и назначение исходной конструкции, которая должна быть превращена (вначале еще точно неизвестно, каким путем) в другую конструкцию, соответствующую условию задачи.

Для нас важен здесь не анализ самого понимания, а то, в какой зависимости находится формирование замысла от понимания условия задачи. Уже в процессе понимания условия задачи заложена основа замысла решения. Правильное понимание условия, конечно, является необходимым фундаментом правильного замысла. И, кроме того, уже самим пониманием того, **какую** конст-

рукцию нужно создать, конструктор сознательно или не вполне осознанно намечает определенный путь ее создания.

На втором этапе понимания условия задачи конструкторы выделяют какую-то часть условия (в тексте, в чертеже или в тексте и чертеже одновременно), которая и может быть положена в основу замысла.

Данные исследований показывают, что зарождение конструкторского замысла осуществляется по трем путям, связанным с тактиками понимания условия технического задания (см. с 21).

Первый путь — выявление в условии аналога. Конструктор находит в характеристиках устройства такую часть, которая наиболее отвечает имеющемуся в его памяти образцу, эталону. Это хорошо иллюстрирует рассуждение опытного инженера-механика: «Мое внимание первоначально фиксирует те части условия, которые мне наиболее всего знакомы. Например, если я решаю новую задачу, в которой для меня известен только один блок, то я и отталкиваюсь от него. Делаю его чем-то вроде исходной базы для дальнейшего конструирования».

Такое же явление наблюдалось при проведении экспериментов. Часть испытуемых начинала решение с выделения знакомого участка в задаче, например двух смежных валов, типа передачи, отдельного механизма и т. д.

Второй путь — выявление в условии «темного» звена. Он противоположен первому, испытуемые фиксируют внимание прежде всего на наименее известных им частях и в первую очередь им стремятся найти объяснение, тогда полное понимание облегчается приобщением незнакомых частей к уже известным.

Таким образом, пытаясь понять все требования условия, конструктор останавливается на том участке, который, по его мнению, наиболее важен и труден. Когда в задаче все ее части оказываются для испытуемого незнакомыми, выбирается наименее понятное и известное.

Испытуемые этой группы начинают с более трудного и идут к более простому, тогда как представители первой группы движутся от простого к сложному.

Третий путь — путь графической конкретизации элементов устройства. Это уже собственная интерпретация комбинации располагаемых частей. Часто для того, чтобы закрепить условие, лучше понять его, конструкторы самостоятельно выполняют исходный чертеж условия. Иногда при этом они просто копируют прилагаемый к задаче чертеж, а иногда пытаются его видоизменить, интерпретировать согласно тексту по-своему: «Прежде всего я должен по-своему выполнить исходный чертеж. Это начальная фаза моей работы над задачей. Поскольку воображение еще не «разыгралось» и не все детали хорошо «просматриваются» мысленно, то чертеж просто необходим. Он является одновременно и закреплением положений условия и началом решения, так как наглядно отражает, что нужно сделать в данном случае. Конечно, далеко не во всех случаях исходный чертеж при задаче бывает удовлет-

ворительным с конструкторской точки зрения. Часто это схема, по которой трудно что-либо представить конкретно. Тогда на выполнение исходного чертежа нужно затратить больше усилий» (из анкеты электромеханика с рабочим стажем 12 лет).

Из этого рассуждения понятно, когда возникает необходимость выполнения исходного чертежа. Не во всех случаях выполнение своего чертежа является началом зарождения замысла. Когда в исходном чертеже, выполняемом самостоятельно, инженер ищет недостающие, по его мнению, звенья, тогда это и будет путем зарождения замысла, так как при этом также выделяется какая-то часть в задаче, на которой фиксируется основное внимание.

Как видим, углубление понимания условия, его дальнейший анализ приводят к выделению в нем определенного звена, участка. Такое выделение может осуществляться по трем путям, которые при определенных условиях становятся путями зарождения замысла.

В начале решения задачи, в каждом случае появления первых мыслей, образов, идей наблюдается связь с основными требованиями задачи, с вопросами, которые ставятся задачей. Сама постановка вопросов в условии ориентирует мышление испытуемых в определенном направлении. Когда требования задачи сочетаются затем с выбором наиболее известного участка, или наименее известного, с выполнением чертежа, на котором ищут определенные участки и звенья, то все это в совокупности и может послужить началом формирования замысла. Постановка конструктором определенных вопросов, связанных с конкретными данными задачи, способствует тому, что у него появляются произвольно вызываемые ассоциации, образы, понятия. На этом этапе происходит **переформулировка** условия задачи, которая включает нередко дополнительные данные из прошлого опыта конструктора. Когда намечается тем самым уже определенный путь рассуждения, поиска, то какой-то образ или какое-то понятие, какая-то идея и т. д. могут остановить внимание конструктора на тех или иных конкретных признаках, которые, по его мнению, имеют отношение к данной задаче. Происходит в конечном счете выбор образа, идеи, понятия и т. п. из ряда других образов и идей, понятий и мыслей. Выбор, в свою очередь, связан с отсевом непригодных образов и понятий. В результате перебора, выбора и отсева в сознании конструктора может возникнуть **ведущий образ** (ведущее понятие, ведущая идея и т. п.), который может стать уже непосредственной, конкретной основой замысла решения задачи или одним из его вариантов. Доминирование этого ведущего образа или понятия в сознании над другими образами, мыслями, понятиями будет тем более сильным, чем больше связей конструктор усмотрит между ним и условием задачи, конструкцией, описанной в задаче.

На основании образов и понятий, которые существенно связаны с условием данной задачи, конструктор принимает решения о своих действиях, как тактического, так и стратегического порядка,

составляет план действий и т. п. Понятно, что одновременно это связано с формированием предварительного или окончательного замысла решения. Как мы увидим, замысел и принятие решений конструктором связаны неразрывно и фактически последнее строго вытекает из первого.

Несмотря на то что, как правило, ведущий образ или ведущее понятие бывают весьма общими, расплывчатыми в деталях, смутными и неясными, четко осознаваемые их качества будут уже предопределять собой какой-то путь решения, какой-то план мыслительных действий, определенную стратегию решения. Все это в конечном счете направлено на развитие, конкретизацию ведущего образа, понятия, образа-понятия. Именно здесь может кончаться подготовительный период, период зарождения замысла и начинается собственно решение, которое сначала выражается в формировании замысла. Остановимся еще на некоторых моментах процесса выбора ведущего образа или понятия.

Преобладание образных форм при зарождении замысла следует связать, конечно, со спецификой конструкторской деятельности. Особую роль в конструировании играет пространственное мышление, т. е. мышление, характеризующееся мыслительным оперированием образами различных технических деталей, узлов и т. д. в трехмерном пространстве. Разумеется, нельзя ограничиться фиксацией наличия только зрительных образов технических механизмов и деталей. Все наши данные подтверждают неразрывную связь с ними различных технических определений, понятий, идей и мыслей, закрепленных в словесной форме. Более того, на стадии зарождения замысла понятия, мысли могут вовсе не сопровождать зрительные образы и не сопровождаться ими. Мыслительная деятельность при этом бывает достаточно абстрактной, обобщенной в словесных понятиях. Так, например, испытуемый ставит перед собой задачу передачи движения. Эта задача формулируется словесно, складываясь в понятие передачи движения с вала на вал. Именно в этом смысле можно иногда говорить, что начало формирования замысла заключается уже в словесной переформулировке условия задачи (или части условия). Однако нельзя абсолютно отрывать эту переформулировку от часто одновременно с ней возникающих образов и понятий.

Начальный образ может быть прямо связан с чертежом, прилагаемым к условию задачи. Чертеж в данном случае становится основой исходного образа, претерпевая при этом те или иные изменения.

В других случаях конструкторы формулируют свое отношение к будущим действиям только словесно. Например, испытуемый заявляет, что «главное в этой задаче заключается в возможности переключения движения. Как это сделать конкретно, пока не представляю... И вообще никаких представлений пока нет, только понимаю, что нужно сделать».

В некоторых случаях у конструкторов возникает какой-то один ведущий образ, преобладает одна ведущая мысль, но иногда мож-

но наблюдать наличие двух и более исходных образов, которым бывает трудно отдать предпочтение.

Появление нескольких исходных образов или понятий обусловлено не только обширным запасом знаний испытуемого. Это можно также объяснить недостаточно четким пониманием условия задачи, в ряде случаев, например, недостаточной дифференциацией механизмов, их качеств, естественной для этого этапа неуверенностью в особых преимуществах какого-то одного устройства. Лишь дальнейшее формирование замысла приводит к тому, что дополнительные варианты отпадают, так как решающие убеждаются в неадекватности некоторых из них условию задачи.

Как и в случае появления интуитивного замысла, чтобы при ознакомлении с условием задачи могли возникнуть образы и понятия, т. е. могли активизироваться функции мыслительной деятельности, воображения, необходимо, чтобы в прошлом опыте испытуемого хранились определенные технические знания. Конечно, простое наличие знаний, и даже их количественная характеристика, не могут раскрыть специфики применения этих знаний. Нужны знания способов решения, поэтому знания в опыте испытуемых должны быть, помимо всего прочего, закреплены в умениях и навыках решать конструкторские задачи.

Экспериментальные задачи решали испытуемые разных групп. Некоторые задачи должны были решать и механики, и электрики, и конструкторы с другим инженерным образованием, так как при обучении в высших учебных заведениях все они получили достаточные для этого знания, выполняли практические задания, курсовые проекты и т. д. Однако у инженеров немеханического профиля чаще наблюдалось более растянутое и затрудненное построение замысла. В связи с этим важна закрепленная в практических умениях и навыках готовность применять знания в определенной системности.

Эксперименты показывают, что успех формирования замысла прямо зависит от умений переноса любых знаний, от наличия у испытуемых умений решать новые конструкторские задачи, от наличия конкретных знаний, приложимых к определенному типу задач.

Процесс выбора ведущего образа, понятия целиком строится, с одной стороны, на возможности представить нужные образы, подыскать соответствующие понятия, идеи, а с другой — на соотнесении их с условием конкретной задачи.

Первоначальный образ становится ведущим, если он достаточно прочно связывается с условием конкретной задачи. Должны образоваться прочные смысловые связи, которые и обусловят зарождение замысла в какой-то форме. Не всякий образ обязательно станет замыслом, так как не всякий образ, который проникает в момент начала решения в поток сознания конструктора, имеет прямое или даже косвенное отношение к конкретному условию. Именно поэтому и начинается сознательный отбор, сопоставление

по различным признакам, уже целенаправленное произвольное управление своими ассоциациями, мыслями, образами.

В каком же направлении конструкторы отбирают образы, понятия, идеи? Какие признаки лежат в основе этого отбора?

Установлено, что ориентировка идет прежде всего на функциональные и структурные признаки. В начале конструирования они играют, как правило, ведущую роль.

При зарождении замысла эти первичные формы замысла бывают непрочными, неопределившимися. Испытуемые с трудом могут выразить свои первые мысли, или четко отразить возникающие у них образы с помощью чертежа. Такой первоначальный замысел — еще не тот замысел, который позволит успешно решить задачу. Адекватность этой первоначальной формы замысла условию задачи обнаруживается при мысленном эксперименте, который необходим конструктору для формирования самого замысла, для проверки гипотез и первоначальных намерений и планов.

Не во всех случаях зарождение замысла начинается с выбора из непроизвольно возникающих образов и понятий соответствующего образа-ориентира. Часто приходится искать подходящие лишь в общем образы, понятия, так как вначале они могут не возникать вообще. Причин тому несколько: непонимание условия, недостаток знаний, критическое отношение к возникающим образам, недостаточная активизация знаний и т. д. Остановимся на тех случаях, когда имеются образы и понятия, которые с самого начала кажутся неприемлемыми, так как, например, отсутствие знаний может быть восполнено только обучением.

Поиск исходного образа или понятия может продолжаться долго. Очевидно, что этот процесс поиска ориентира для построения замысла можно уже отнести и к началу решения (к началу формирования замысла), потому что нередко в процессе такого поиска замысел формируется по частям; конструктор останавливается на каком-то общем варианте, потом переходит к другому, затем опять возвращается к первому и т. д., а в результате циклическое изучение рассматриваемого варианта может привести к выдвижению уже вполне сформировавшегося замысла, а не только способствовать появлению первоначального, исходного образа. Возможно, что таким же путем складывается догадка, внезапное решение.

Итак, зарождению конструкторского замысла в форме образа и понятия предшествует подготовительный период изучения условия, в процессе которого испытуемый выделяет то, **что** нужно сделать по условию. Это выражается в переформулировке условия задачи и способствует сознательному отбору образов и мыслей из их общего потока. Выбранный образ-ориентир испытуемый связывает с выделенным участком в условии задачи. С этого момента происходит целенаправленное формирование конструкторского замысла.

Если продолжить анализ формирования замысла решения в той последовательности, условность которой мы оговорили, то за вы-

делением конкретного участка в условии задачи следует поиск конкретных структур и функций для построения предварительной системы, которая может составить основу будущего механизма. Предварительные контуры таких структур, представления о тех или иных функциях заложены уже в первых поисковых действиях конструктора, когда он проводит абстрактное (без математических расчетов, учета размеров и т. п.) изучение будущего механизма только по исходному условию. Другими словами, детерминация каждого последующего шага в поиске закладывается в предыдущем, как мы это отмечали, показывая взаимосвязь выборов типа передачи. Но теперь каждый последующий шаг, прогнозируя новые действия, в свою очередь, должен служить проверкой на соответствие запрограммированным структурам и функциям. Это одинаково касается и всего процесса решения конструкторской задачи и формирования общего замысла ее решения. В этом смысле процесс решения можно рассматривать как достижение целого ряда промежуточных целей, т. е. речь идет о решении задач в задаче: постановка каждой промежуточной цели предопределяет и характер новой подзадачи, и направленность действий субъекта. Мы пытаемся проанализировать здесь лишь наиболее заметные и доступные изучению этапы и переходы между ними.

Итак, следующий важный шаг связан с поисками нужных, по мнению конструктора, структур и функций, определяемых выработанными ориентирами.

Собственно весь процесс формирования замысла — это поиски соответствующих структур и функций вплоть до того момента, когда у решающего появляется более или менее основательная субъективная уверенность в том, что какая-то структура (или функция) должна соответствовать требованиям условия. Нужно только помнить, что мы ведем речь именно о преобладании структуры или функции в представлениях субъекта, поскольку речь идет именно о замысле решения, а не о самом решении (реализованном замысле). Ясно, что не может существовать (реально, а не в воображении субъекта) конкретной структуры без функций, и наоборот, функцией может быть наделена определенная структура; такое разделение возможно только в процессе умственных поисков, сознательного абстрагирования, анализа и синтеза систем и их элементов. Это имеет мéсто и тогда, когда у субъекта еще нет достаточно четких представлений, например испытуемые часто ссылались на неясность структуры, на несовпадение функций, на невозможность четко выразить свои представления на бумаге в виде эскизов, или описать их словесно.

Итак, после выделения ориентиров, которые становятся своего рода предварительными эталонами для сравнения с ними подбираемых структур и функций, начинается направленная, определяемая, в частности, конкретными техническими характеристиками деятельность. Кстати, более точно, пожалуй, будет говорить не просто о сравнении, являющемся универсальным мыслительным механизмом на этих этапах, а о сравнении с одновременным пере-

конструированием. Это понятно из такого простого примера: в качестве ориентира конструктор выбирает расстояние между параллельными валами; по мере подбора соответствующих деталей, способных при их установке на валах передавать необходимое вращение (скажем, зубчатых колес, фрикционных шкивов), конструктор не только сравнивает детали с расстоянием («примеряет» их), но и увеличивает (или уменьшает) само расстояние в зависимости от размеров представляемых деталей или уже увеличивает (уменьшает) сами детали, т. е. постоянно варьирует признаки как заданные условием, так и подбираемые им самим.

Психологический механизм становления замысла в первом приближении выглядит так: выделение ориентиров в условии; поиск приложимых к ориентирам технических признаков; сравнение этих технических признаков с признаками, содержащимися в ориентирах; принятие решения о приемлемости или неприемлемости конкретной структуры или функции, после чего начинается проверка замысла или продолжается поиск нужных структур и функций. Это только грубая схема, исключающая учет одновременных процессов, упреждений, неосознаваемых сравнений и т. д., но исследования убедительно показывают, что конструкторский замысел формируется именно в таком направлении — в направлении поиска технических структур и функций, которые составляют содержательную основу замысла.

В одном из исследований мы получили данные относительно частоты проявления структурного, функционального и комбинированного, как мы условно назвали, путей формирования замысла при решении задач на проектирование кинематических систем профессиональными конструкторами. Оказалось, что у профессиональных конструкторов структурные пути формирования замысла составили примерно 31 %, функциональные — 23 %, комбинированные — 46 %; хотя отмечено увеличение структурных путей по мере усложнения задач, но оно было не очень большим (около 3 %). У студентов и школьников рост числа структурных путей формирования по мере усложнения задач (задачи решались идентичные) был более заметным (6—8 % и более).

Из сказанного должно быть понятно, что конструкторский замысел в каждом отдельном случае (в зависимости от сложности и новизны задачи, знаний и опыта испытуемого и др.) может формироваться у субъекта более или менее быстро, может быть более или менее емким по конкретному содержанию. Иногда первая гипотеза об использовании в решении какого-либо принципа, структуры оказывается удачной, а порой формирование замысла фактически становится основной целью задачи, практически ее решением. Например, конструктор на основании анализа условия предполагает для построения соответствующей системы использовать сочетание цилиндрического и конического зубчатых зацеплений; черновая проверка показывает принципиальное соответствие такого блока и на этом собственно поисковая сторона кончается, дальнейшее — практическое (в данном случае — графическое с

расчетами) воплощение. Это случай простого замысла. При решении сложных, творческих задач формирование замысла чаще всего сопряжено с длительными, часто неудачными, тупиковыми поисками; конструктор переходит от одного замысла к другому, вновь возвращается к прежнему предположению и т. д. и т. п. Различной бывает и полнота замысла. Одному испытуемому достаточно смутного представления о структуре для начала ее «монтажа». Другому необходимо составить вполне определенное, ясное представление об основных параметрах гипотетической конструкции (ее общая структура, размеры, функциональные признаки основных блоков и т. д.) и только тогда он принимает решение о ее соответствии и проверке ее «по месту». Вариации здесь бесчисленны, но конструкторский замысел должен содержать представление о цели проектирования как о структурно-функциональном комплексе, что уже само по себе предполагает некоторый план поисковых и преобразовательных действий. О масштабах и конкретности таких представлений мы говорили выше. Необходимо добавить, что под наличием замысла не обязательно подразумевать конечную цель решения, ей могут предшествовать замыслы о достижении подцелей; так, аналитический подход к системе уже сам по себе предполагает достижение ряда промежуточных целей, а лишь потом их суммирование.

Таким образом, если формирование замысла фактически начинается с ознакомления с условием задачи, с понимания условия, то его окончание следует отнести именно к моменту появления у конструктора субъективной уверенности в адекватности намечаемой конструкции требованиям условия. Момент появления такой уверенности, по нашему мнению, знаменует окончание формирования замысла как самостоятельного этапа в решении задачи. Степень субъективной уверенности конструкторов в каждом случае различна и в дальнейшем в процессе решения в замысел могут вноситься изменения, коррективы, дополнения, но переход к проверке замысла, к попытке его реализовать следует рассматривать как качественно новую стадию в решении, как переход от гипотетического формирования стратегии решения к ее практическому осуществлению.

Идея решения новой задачи приходит после более или менее длительного целенаправленного поиска, который можно охарактеризовать как переход от первичных образов, понятий к стратегии, воплощающей в себе представление о структуре, функциональных качествах искомой конструкции, о самом способе решения задачи — способе построения определенной конструкции.

Разумеется, важно ответить на вопрос, чем обусловлена такая трансформация идеи решения. «Внешнюю» обусловленность нужно искать в первую очередь, по-видимому, в том, какие требования предъявляются к продуктам решения конструкторской задачи — к самой разрабатываемой конструкции, поскольку четкие и определенные представления конструктора о конечном объекте его деятельности во многом определяют стратегию проектирования этого

объекта, направленность поиска. В конструкторской задаче, как правило, содержатся требования к создаваемым устройствам прежде всего в плане построения структуры, которая обладала бы определенными функциональными свойствами. Структура представляет собой комплекс деталей и узлов, которые в соединении могут выполнять ту или иную функцию, например сочетание определенным образом собранных деталей токарного станка позволяет выполнять обточку, сверление, нарезание резьбы и др. В таком комплексе деталей каждая деталь имеет четкое назначение и занимает определенное, только ей предназначенное место. Поэтому-то конструирование можно считать деятельностью, направленной на то, чтобы, соединив детали и узлы в определенном порядке, в конкретной комбинации, получить соответственно конкретный эффект, например вращательное движение, перемещение, подъем груза, выполнение той или иной механической работы и т. д.

Объективные требования и закономерности, связанные с созданием новой конструкции, предопределяют специфику психологической деятельности, направленной на решение конструкторской задачи, в том числе и на стадии формирования замысла.

Конструкторам необходимо учитывать не только структурно-функциональные особенности механизмов, но и технолого-экономические, эксплуатационные, эстетические требования к устройствам. Правда, на стадии формирования замысла эти требования не всегда учитываются; как правило, их учитывают позже — при уточнениях, внесении поправок и т. п. Так было в большинстве наших экспериментов, но в реальной практике эти требования нередко играют решающую роль уже при составлении задания, т. е. они выступают на первый план, обязательно должны учитываться и при разработке «чернового» варианта конструкции, например, если речь идет о дизайнерской задаче. Если в условии технического задания нет специальных указаний, то эти требования учитывают позже. Здесь нужно учитывать различие между решением задачи в экспериментальных условиях и конкретной рабочей разработкой: в экспериментальных условиях конструктор может руководствоваться только одним соображением — решить задачу, найти оригинальный вариант устройства. На практике он всегда будет учитывать экономический фактор изготовления и сборки устройства, применяемый материал и др.

Несколько слов о формах, в которых протекает рассматриваемый процесс.

Согласно нашим предварительным предположениям, мы рассматривали замысел как образ-идею, складывающуюся в воображении конструктора вследствие определенных умственных действий. Эта образ-идея должна предопределять направление дальнейшего решения задачи, способствуя тем самым составлению определенного плана действий. Однако замысел, хотя он и содержит в себе часть решения задачи (в каком-то смысле образ-идея есть не что иное, как незавершенный вариант решения), все же является в большей степени гипотезой, которая в процессе дальнейше-

го решения может не реализоваться. При решении новых творческих задач первоначальный план решения нередко бывает очень общим, он может меняться после каждого мыслительного «шага» в направлении конкретизации замысла. В таких случаях замысел предопределяет лишь направление, способствует составлению плана дальнейших действий. Приведем пример: конструктор делает вывод, что для передачи вращательного движения от одного вала к другому ему следует воспользоваться ременной передачей (валы расположены далеко друг от друга). Первоначальный замысел, таким образом, уже есть; становится ясно, что дальнейшие действия должны быть направлены на создание именно ременной передачи, однако еще неизвестно, каким путем она будет осуществлена, так как в сознании конструктора есть пока лишь общая идея использования ременной передачи. Поэтому вслед за появлением такой общей идеи следует мысленный эксперимент (с опорой на графику), который и должен показать, пригодна ли в данном случае ременная передача, и если пригодна, то почему ей следует отдать предпочтение, скажем, перед цепной передачей. Решение может показать, что замысел не был адекватным или оптимальным. В таком случае выдвигается следующее предположение — формируется новый замысел — и так до тех пор, пока не будет найдено правильное с точки зрения самого субъекта решение.

Соотношение между частотой появления зрительных образов и абстрактных понятий, ассоциативно возникающих у наших испытуемых на первых этапах формирования замысла, было примерно таково: зрительных образов возникало около 50 %, образов-понятий — около 40 %, абстрактных понятий — около 10 % (такие цифры были получены при изучении деятельности профессиональных конструкторов). При этом следует иметь в виду, что эти цифры отражают не появление «чистых» образов или понятий, а их значительное преобладание друг над другом, поскольку часто наличие в сознании абстрактного понятия сопровождалось и некоторыми (пусть и очень смутными) зрительными образами, и наоборот — отсюда и невозможность в 40 % случаев определить преобладание того или иного, когда мы называли эти начальные продукты умственной деятельности образами-понятиями. Преобладание определяли по устному отчету испытуемых, равно как и по их графическим действиям; во многих случаях приходилось задавать специальные вопросы. Разумеется, в методическом плане здесь требуются значительные усовершенствования, но важно отметить, что преобладание зрительных образов и образов-понятий говорит о специфике деятельности в целом — конструирование связано с мышлением конкретными образами деталей, механизмов, конструкций в статическом и динамическом сочетании элементов. Трудно представить мыслительную деятельность конструктора, которая могла бы основываться на вербальном материале, из которого слагались бы лишь одни абстрактные понятия, ибо в конечном итоге от конструктора требуется, чтобы он представил чертежи конкретного механизма, по которым можно изготовить

реальный объект с учетом технических возможностей и правил. Именно поэтому деятельность конструктора при формировании замысла в идеале направлена на то, чтобы довести комплекс разносторонних представлений, образов, понятий до четкого зрительного образа, отражающего мыслимую конструкцию, причем с осознанием ее функционирования.

Замечено, что чем менее опытен испытуемый (школьник), тем более видна зависимость между зрительными образами и структурами конструкций, с одной стороны, и словесными определениями функционирования этих структур — с другой. У опытных конструкторов зрительные представления настолько емки, что часто функциональные особенности сливаются со структурными (конструктор мыслит «функциональными структурами»).

Проведенный анализ формирования замысла (гипотезы или проекта будущей конструкции) позволяет практическим работникам сориентироваться в специфике протекания этого важного цикла, являющегося сердцевиной творческого процесса в целом; ведь замысел, проект — это основа создаваемой в последующем машины, прибора и т. д. Учебно-тренинговое освоение этого цикла, которое можно рекомендовать для самостоятельной и специально организованной работы по повышению квалификации (и по обучению студентов), должно быть связано с целенаправленным изучением особенностей формирования замысла с применением специальных методов. При этом важно понимать некоторые особенности протекания неосознаваемых процессов, возникновения догадок в различные моменты процесса решения. Этой последней теме и посвящен следующий параграф.

Искусственное препарирование целостного процесса решения задачи, к которому мы вынуждены прибегнуть, создает определенные трудности в расположении материала. В п. 3 мы рассматриваем главным образом особенности возникновения догадок, протекания неосознаваемых процессов в различных циклах решения, в том числе и их роль в предварительном решении задачи, а в п. 4 анализируем стратегии решения и весь процесс решения в целом.

3. ВОЗНИКНОВЕНИЕ ДОГАДОК И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

В изучении творческой деятельности имеются особые трудности. Как известно, процесс решения новой задачи, связанный с поиском, далеко не всегда и не во всех деталях может быть воспроизведен в самоотчете решавшего эту задачу. Есть тут и другая особенность: если решают новую задачу, то ищут и новые средства ее решения; каждое такое решение по своему уникально, неповторимо (пусть в каких-то фрагментах). Если же решают задачу знакомую, то субъект использует уже известные ему приемы решения, и его поведение будет иным, чем в первом случае. В этом заключается существенное различие между решениями, вносящее

дополнительную трудность в изучение творчества. Но и в этом и в другом случаях в мыслительной деятельности, в ее проявлениях имеются определенные черты сходства. Это сходство проявляется в протекании процесса понимания условия задачи, построении замысла решения, в сознательном утверждении стратегии решения задачи — в этих трех основных координатах решения, вокруг которых концентрируется собственно творчество и которые, давая в итоге результат понимания, замысел, субъективную уверенность в адекватности замысла, являются основными психологическими регуляторами конкретного процесса решения, или, как мы называли его, потока решения.

Как отмечено, понимание условия, замысел и стратегия решения выступают и выполняют свои регулирующие функции посредством и в форме образов, понятий, образов-идей, образов-понятий. Это преимущественно зрительные образы технических устройств и их частей, зрительно-вербальные представления об их функционировании, понятия о технических законах и условиях.

Известно, что творческие процессы протекают не только в сознательной сфере. Практически в любом виде творческой деятельности более или менее значительные фрагменты таких процессов часто скрыты от сознания, совершаются интуитивно. На страницах популярных книг и журналов, в биографических материалах об известных изобретателях, рационализаторах довольно часто встречаются свидетельства того, что интуиция — частая «гостья» технического творчества. В проводимых нами беседах, в ответах на вопросы анкет опытные конструкторы почти всегда упоминали интуицию, догадку, отмечали, что многие их решения возникают внезапно, неожиданно, что сами они далеко не всегда в состоянии объяснить, каким именно образом им пришла в голову та или иная мысль и т. п. Вот несколько типичных примеров.

«Решения складываются по-разному. Иногда многие часы уходят на поиски, переборы вариантов. А иногда решение словно из-под земли выскакивает — и не поймешь, откуда оно возникло...» (инженер-механик, стаж работы 18 лет).

«В конструировании, да и, наверное, не только в нем одном, не всегда путь к лучшему варианту решения можно найти сразу, особенно же, если разрабатываешь новый прибор. Тут приходится днями и ночами думать, чертить, заглядывать в литературу и снова чертить и думать... И когда иной раз уже кажется, что ничего не выходит, что все нужно опять начинать сначала, так сказать, с нуля, вдруг приходит счастливая мысль, похожая на почти готовое решение. И сам удивляешься, как это раньше не могло такое в голову прийти!» (инженер-механик, стаж работы 22 года).

«Я не могу сказать с полной уверенностью, но в общем мне кажется, что примерно половина моих решений возникает интуитивно. Думаю, что это результат большого опыта...» (инженер-механик, стаж работы 34 года).

«Мне лично в отличие от многих моих коллег на догадки не везет. И я в них, признаться честно, не очень и верю. Не помню,

кто именно, но кто-то из ученых говорил, что все счастливые находки — результат труда и только его одного... Правда, об этих самых догадках приходится читать и слышать. Даже мои коллеги часто говорят: «Вот я догадался», «Вот мне повезло придумать» и т. п. А я верю лишь в один последовательный, планомерный и систематический труд» (инженер-механик, стаж работы 16 лет).

Примеры можно было бы продолжить. Как видим, среди них встречаются и такие, которые говорят не в пользу интуиции, но таких меньшинство. Как показали наши эксперименты, у многих из тех, кто не верит в интуицию, также наблюдается появление догадок, фрагменты интуиции «вплетаются» в процесс решения новой задачи. Вполне понятно, что далеко не всегда самому решающему понятна роль догадки, значение интуиции для решения задачи в целом или же части той или иной задачи. В этом нет ничего удивительного, так как ученые находят много спорного и загадочного во всем том, что касается интуиции, ее сути и проявления.

Еще не так давно даже к самому понятию «интуиция» в научных сферах относились более чем скептически, что дало повод одному из ведущих советских психологов Б. М. Теплову высказать следующее соображение: «Понятие интуиции часто окружается ореолом некоей мистической таинственности. Поэтому в советской психологии замечается склонность избегать и даже замалчивать его. Едва ли это правильно. Следуя этому способу, пришлось бы избегать большинства психологических терминов, так как все они бывали на службе совершенно чуждых нам целей».

Со времени написания этих слов положение заметно изменилось. Вслед за работами Б. М. Теплова и С. Г. Геллерштейна появился ряд философских и психологических работ, посвященных проблемам интуиции [27]. Среди них можно особо выделить труды Я. А. Пономарева и в первую очередь его книгу «Психика и интуиция», в которой автор дал развернутую картину проявлений интуиции, обосновал диалектико-материалистические положения о ее природе. Состоялись всесоюзные и международные симпозиумы по проблемам интуиции и бессознательного; в материалах этих симпозиумов представлен богатый и обоснованный свод данных относительно интуитивных процессов, советские психологи представили достаточно аргументированные концепции, хотя, разумеется, проблематика интуиции во многом еще сохраняет остроту и неразрешенность. Поэтому, прежде чем перейти к рассмотрению роли интуиции в процессе конструкторской деятельности, коснемся общих вопросов интуитивного мышления и особенностей его изучения. Эти вопросы относятся к месту интуиции (или интуитивного мышления, по нашему мнению, это понятия-синонимы) в системе сознательно-бессознательной деятельности человека, к психологическому определению интуиции, к классификации различных видов мышления, которое часто определяется одним понятием «интуитивное». При этом мы не будем рассматривать многие философские, психологические и психофизиологические аспекты соз-

иательиой и бессозиательиой деятельиости в целом и иитуиции, в частиости, отсылая читателя к тем работам, которые только что иазвали.

Исследователи (С. Г. Геллерштейи, М. М. Матюшкии, Я. А. Поиомарев и др.) обращают виимаиие иа специфику иитуитивиого мышлеиия, иа его важиую роль в структуре деятельиости, в том числе в структуре трудовой деятельиости. Так, С. Г. Геллерштейи отмечал, что «аиализ трудовой деятельиости человека и путей овладеиия профессиональиым мастерством дает особеиио цеииый материал для исследоваиия сложиых и подчас противоречивых явлеиий, возиикающих в сфере взаимодействия созиаваемого и иеосозиаваемого. Совсем ие безразлично, иа какие иеосозиаваемые ощущеиия опираются иаши действия в тех случаях, когда действия эти формируют высокий уровеиь мастерства. Известио, что так называемые смутиые ощущеиия могут определять весьма сложиую ориеитацию и регулировать до тоиких степеией отшлифоваииые действия» [4]. А. М. Матюшкин, рассматривая сложную иерархическую структуру человеческого мышлеиия, выделял в нем иижиий уровеиь, который требует лишь репродуцироваиия уже имеющихся зиаиий, и верхиий, требующий различиого рода маиипулятивных проб; иитуитивиое же мышлеиие иаходится между этими двумя граиицами решеиия проблемы, имея тем самым свою специфику и поэтому, как считает автор, иитуитивиое мышлеиие пригодио лишь для решеиия ие очеиь легких и ие очеиь сложиых проблем.

С этой точкой зреиия полемизирует Я. А. Поиомарев, который выделяет два типа иитуиции: первый из иих связаи с поиском, творчеством, второй — с использоваиием уже готового решеиия, которое пригодио в иовой ситуации. Второй тип иитуиции, как считает Я. А. Поиомарев, фактически присущ работе любого специалиста, и даже более того — любого человека. «Без такой иитуиции, — пишет ои, — видимо, ие способеи иормальио работать и жить ии один человек» [31].

Проблемам иитуиции уделяют виимаиие зарубежиые исследователи. Так, представляют иитерес работы К. Дуикера, в которых ои рассматривает иисайт (иаиболее близкий аиалог ему в иашей терминологии «догадка», «схватываиие», «поиимаиие»). Весьма любопытиы иекоторые характеристики явлеиия «сатори» («просветлеиия»), даваемые япоискими исследователями [14, 33]. Отметим, что иесмотря иа большое число работ, в которых прямо или косвеиио аиализируются проблемы иитуиции, пока иет едииой коицепции в ее трактовке, иет и ее едииого определеиия. Предстоит провести еще иемалое число специальиых эксперимеитальиых исследоваиий, прежде чем можно будет говорить о иадежиой психологической теории иитуиции. По иашему миеиию, можио дать такое рабочее определеиие иитуиции: это мыслительиые процессы, которые в большей или меиьшей степеии ие осозиаются субъектом, ио способствуют решеиию задачи, или ее части. Догадка рассматривается иами как следствие, результат такого рода процессов.

Итак, мы рассматриваем интуицию как мыслительную функцию психики, направленную на решение задач и проблем. При решении задач интуиция позволяет субъекту:

понять задачу в целом или что-либо в ней;

выдвинуть гипотезу, предположение, высказать догадку о пути решения (стратегии) задачи, о предназначенности чего-либо и т. д.;

решить задачу (высказать сразу или через какой-то промежуток времени идею готового решения).

Именно в этих трех аспектах мы и постараемся проанализировать роль интуиции в процессе решения конструкторских задач.

Принято считать, что интуитивное мышление отличается от неинтуитивного (логического, дискурсивного, ассоциативного и т. д.) отсутствием видимой связи между началом решения и его результатами, поскольку от мыслящего субъекта ускользают связывающие цепи. Но в конечном итоге о мышлении судят по его результатам независимо от того, как протекал процесс мышления; критерием является продуктивность — создание нового результата.

Насколько нам известно, интуиция еще не была предметом специального научного изучения в теоретических и экспериментальных исследованиях конструктивно-проектировочной и изобретательской деятельности. Тем не менее об интуитивном мышлении или просто об интуиции упоминали П. К. Энгельмейер, Д. Росман, П. М. Якобсон, которые изучали деятельность изобретателей. Но в их работах нет ни определения интуиции, ни раскрытия ее психологической сущности. Вопрос об изучении интуиции в деятельности инженера-конструктора и проектировщика в психологических исследованиях еще не ставился, хотя в литературе (особенно технической, научной, научно-популярной) о ней говорится много. Попытаемся хотя бы предварительно определить роль интуиции в процессе решения конструкторской задачи. Специальное изучение конструкторской деятельности на профессиональном уровне позволило выявить некоторые закономерности функционирования интуитивного мышления. Такого рода мышление характеризовалось неосознаваемостью, отсутствием логических объяснений по отношению к самому процессу решения или его отдельным этапам. Для интуитивного мышления типично внезапное проявление тех или иных догадок (инсайт).

Последовательно изучались все основные стадии процесса решения конструкторской задачи, а именно: стадия изучения условия, формирования замысла (гипотезы решения), реализации этого замысла как стратегии. При этом интуиция позволяла понять что-либо в условии задачи (в том числе главный вопрос), выдвинуть гипотезу о пути решения задачи, решать ее (высказать готовое решение более или менее быстро после ознакомления с условием).

Эти особенности проявления интуиции мы и рассмотрим, опираясь на данные экспериментов, а также бесед, анкет и специаль-

ного изучения продуктов деятельности конструкторов (по их эскизам и чертежам, технической документации). Сущность эксперимента заключалась в том, что испытуемым предлагали решить специально составленные задачи. Они были для них новыми и содержали определенные трудности, преодоление которых требовало проявления творческого мышления. В экспериментах и беседах принимали участие конструкторы со стажем работы от 2 до 25 лет. Группы делились в зависимости от технического образования и специализации (механики, электрики, радиоинженеры, теплотехники и др.). Интересными с точки зрения изучения интуиции оказались задачи, составленные по принципу «черного ящика», в которых испытуемому предлагалось «начинять» корпус (типа редукторного) такими механизмами, которые позволили бы увязать задаваемые «входные» и «выходные» движения валов (вращательные, возвратно-поступательные, колебательные). Задачи были распределены по сложности, начиная от самых простых (с двумя валами — входным и выходным) и кончая весьма сложными, в которых требовалось построить сложные кинематические системы. Предлагались и другие задачи. Более подробное описание такого рода задач и методики в целом см. в работах [24, 32].

О мыслительной деятельности испытуемых с высокой степенью точности можно было судить по многочисленным промежуточным и окончательным эскизам, по устному отчету, некоторым косвенным признакам, в частности, применялась методика «скоростного эскизирования». Методика (а точнее — методический прием) «скоростного эскизирования» опиралась на инструкцию, согласно которой испытуемые должны были выполнять максимально возможное число эскизов в процессе решения задачи, не задумываясь над их соответствием требованиям задания, делая это быстро. Предполагалось, что такое эскизирование возникающих в сознании образов в какой-то мере отражает последовательность интуитивного процесса (см. также заключение). Большую помощь в проведении этой части исследований оказали беседы с опытными конструкторами, имеющими примерно одинаковый опыт и знания, а также с испытуемыми, по-разному подготовленными, что позволило выдвинуть некоторые предположения о сути механизмов интуиции [25, 33]. Помог и такой прием, как параллельное решение одной и той же задачи испытуемыми.

Установлено, что интуитивное мышление присуще конструкторам на всех стадиях решения задач, причем оно может составлять различный «удельный вес» по отношению ко всей мыслительной деятельности, связанной с решением данной задачи. Интуитивное мышление имеет место уже на первых этапах решения, в частности при изучении условия самой задачи. В этих случаях оно проявляется как понимание самого условия или его части, как понимание основного вопроса, на который нужно ответить для достижения ставящейся в условии цели.

Рассматривая случаи именно внезапного понимания (инсайта), не обусловленного логически и прямо предшествующими действия-

ми и рассуждениями испытуемых, мы пришли к выводу, что при этом следует различать полное или частичное узнавание в процессе изучения условия новой задачи и ускоренный синтез узлов и деталей, функциональных признаков, вообще структурно-функциональных компонентов, характеризующих конструкцию.

Несмотря на то что отбирались испытуемые, не решавшие задач, идентичных экспериментальным, все же принципы функционирования кинематических механизмов были им известны, а некоторые имели опыт решения сходных задач. В итоге при изучении условия задачи у ряда конструкторов наблюдалось простейшее узнавание вследствие припоминания схожих механизмов и соотнесения их с «конструкцией» частично описываемого условием механизма («прообразом», задаваемым в условии). В наших случаях соотнесение происходило в основном на базе функциональных признаков механизмов, поскольку во многих условиях прямо ставились требования к созданию определенным образом функционирующего механизма. «Ага́-реакция» догадки при этом наступала на разных уровнях узнавания, начиная от соотнесения механизмов в целом и кончая соотнесением отдельных элементов и второстепенных признаков (термин «Ага́-реакция» получил некоторое распространение и означает момент понимания от восклицания «Ага!»). Естественно, что такого рода действия имеют отношение больше к процессам памяти, чем к процессам мышления, хотя последнее и нельзя полностью исключать, поскольку здесь имеют место некоторые, пусть элементарные, операции соотнесения и первичных оценок.

Более чистым проявлением интуитивного мышления можно считать случаи, когда внезапное понимание было следствием ускоренного синтеза конструктивных элементов и признаков, вследствие которого происходил скачок в рассуждениях испытуемого. Выявление именно этого механизма понимания условия стало возможным благодаря сопоставлению многочисленных решений, соответствующих действий и рассуждений испытуемых. Спровоцированная замедленность этапа изучения условия задачи позволила проявиться некоторым особенностям мышления конструкторов, которые в других случаях (скажем, при изучении формирования замысла и стратегии решения) оставались «за кадром» наблюдений и сознания испытуемого.

Сложность самого условия, наличие в нем избыточной или, наоборот, недостаточной исходной информации — все это заставляло конструкторов уделять анализу условия гораздо больше времени и внимания, они делали много эскизов, больше рассуждали. Понимание условия, как правило, наступало вследствие соединения ряда структур и их признаков в единый, адекватный условию, комплекс (разумеется, «предгипотетический», поскольку речь идет не о замысле и не о стратегии решения).

Мы могли следить за движением мыслей испытуемого по графическим наброскам, пробным действиям. Однако в ряде случаев испытуемые после нескольких действий формулировали те прин-

ципы, к которым другие приходили лишь в итоге длительного поиска, ряда промежуточных действий и рассуждений.

Ответы на наши вопросы, а также косвенные продукты графической деятельности конструкторов (неосознанное выполнение эскизов и их частей) позволили выдвинуть предположение, что понимание наступает вследствие замыкания представляемой субъектом цепи структурно-функциональных узлов и элементов каким-то существенным для испытуемого элементом или признаком. Такое замыкание структурно-функциональной цепи определенным элементом или его признаком мы назвали реле-эффектом, включив его в систему психологических катализаторов интуитивного мышления, о которых речь пойдет дальше. При этом в сфере сознания испытуемого может присутствовать в соответствующий момент только этот признак или элемент, а все, что было до сих пор, вытесняется, не осознается (забывается) им. Отсюда — иллюзия неосознанности всего процесса. Например, испытуемый начинает анализ условия, рассматривая в какой-то последовательности (по горизонтали, вертикали или по часовой стрелке и т. д.) условно изображаемые элементы конструкции; он их перечисляет, представляет более или менее ярко их «живое» функционирование. Неожиданно цикл такого перечисления прерывается и испытуемый говорит: «Все ясно. Нужно поставить зубчатые зацепления». И хотя из его предшествующего устного отчета совершенно не понятно, почему он пришел к такому выводу, все становится на свои места, если мы проследим за последующими действиями решающего. Он может тут же изобразить соответствующую зубчатую пару, выделяя в ней направления вращения обоих валов, на которых расположены зубчатые колеса, т. е. для решающего важным звеном в рассуждениях было соединение разрозненных до этого момента элементов или блоков в единое функционирующее целое посредством какой-то абстрактной, обобщенной передачи, выполняющей, однако, конкретные передаточные функции.

В этом примере мы видим и переход испытуемого к построению гипотезы (замысла) относительно пути решения задачи. Отмечены различные случаи, отражающие всю «мозаику» комбинаций интуитивного и рационального мышления. Скажем, после понимания условия конструктор мог все последующие действия выполнять вполне осознанно и логически, и мог, наоборот, решать задачу вполне рациональными приемами почти до конца и потом неожиданно переходить к совершенно другому варианту решения, казалось бы, никак не связанному со всеми его предыдущими действиями. Избегая нагромождения соответствующих примеров, рассмотрим лишь три их вида: интуитивное понимание задачи, интуитивное возникновение замысла (совпадающее во многом и с заключительными моментами понимания условия) и интуитивное решение — без логически прослеживаемой цепи соответствующих действий по анализу условия и построению замысла о стратегии решения.

Адекватное понимание условия задачи необходимо для форми-

рования замысла о стратегии ее решения. Замысел решения задачи строится, как мы видели, на основе учета в первую очередь структурно-функциональных характеристик будущего механизма. Оставляя в стороне особенности формирования конструкторского замысла рациональным путем, отметим, что, по нашим данным, идея решения задачи в виде замысла возникала на первый взгляд неожиданно и необъяснимо примерно в 30 % случаев всех решений. Можно было также выделить случаи полностью неосознанного процесса и процесса, который в какой-то мере контролировался испытуемым, был связан с его сознательными рассуждениями.

Замысел, или гипотеза решения, представляет собой сочетание образно-понятийных знаний испытуемого о конечном механизме и о самом пути достижения этого конечного механизма. Замысел не всегда бывает четким, хорошо осознаваемым; не всегда испытуемый мог обосновать свое предположение о намечаемой стратегии действий. Об эффективности замысла приходилось судить по самому решению (его протеканию и окончательному результату). Сравнительный анализ действий испытуемых с учетом их опыта, образования и отчасти индивидуальных качеств позволил сделать вывод, в частности, о том, что в ряде случаев процесс формирования замысла протекает свернуто. Конструкторы привыкли мыслить готовыми структурами механизмов, специфика их деятельности способствует выработке ряда навыков, связанных с умственным оперированием соответствующими образами технических объектов (в частях, элементах, в целом) без обязательного постоянного осознания соответствующих качеств и признаков этих объектов.

Все это в итоге может влиять на каждый конкретный мыслительный процесс и тогда мы сталкиваемся с теми случаями, которые относим к проявлению интуитивного мышления. Это имеет прямое отношение и к случаям, когда у испытуемого возникает не только замысел о решении, но и фактически готовое решение (с возможными незначительными пробелами). Случаев, когда испытуемый вскоре после ознакомления с условием предъявлял готовое решение (часто даже в виде конечной модели механизма), было много, иногда около 20 % всех решений.

После появления адекватного замысла, а тем более готового решения, конструкторы, как правило, выполняют менее творческую работу, не требующую напряженной мыслительной деятельности, — вносят мелкие изменения, детализируют механизм и т. д. Иногда у конструкторов и на этом этапе бывают интуитивные «прозрения», когда они резко переходят к другой стратегии решения, но, думается, что такой переход можно объяснить теми же принципами деятельности, что и само формирование замысла или решения.

Пытаясь разобраться в самом механизме интуитивного мышления, мы установили несколько зависимостей, и, хотя их нельзя считать определяющими, они подтверждают некоторые положения, еще не являющиеся общепризнанными и доказанными. В ча-

стности, обнаружено, что частота проявления интуитивных компонентов в процессе решения экспериментальных задач прямо коррелируется с характером деятельности и стажем работы испытуемых. Были изучены решения одних и тех же задач испытуемыми шести групп, а именно: школьниками старших классов, студентами политехнического института, молодыми специалистами, работниками другого профиля (врачи, историки, рабочие нетехнических специальностей), инженерами-электриками, инженерами-механиками (последние две группы — профессиональные конструкторы). Полученные данные показали превосходство инженеров-механиков, которые решали задачи, близкие к профилю своего вузовского образования и характеру деятельности. Интересно, что наименьшее число догадок было в группе неспециалистов (даже у школьников их было больше, правда, это можно объяснить тем, что школьники до этого решали подобные задачи).

Очевидно, что если подразумевать под интуитивным мышлением мышление свернутое, то оно прогрессирует в зависимости от специализации и длительности работы. Вместе с тем у некоторых испытуемых догадки не имели места вообще, а у других возникали очень редко, т. е. можно говорить об индивидуальных различиях в склонности к проявлению интуитивного мышления. Но если это положение очевидно и все же во многом естественно, то гораздо сложнее дело обстоит с предположением, которое мы сочли возможным выдвинуть в качестве одной из гипотез о возможном психологическом механизме собственно интуитивного мышления. Речь идет об аналогии. То, что последняя играет большую роль в мышлении человека вообще, доказывать не нужно. С. Л. Рубинштейн писал, что любое мышление начинается с простого сравнения и вытекающего из него установления сходного и различного. На особую роль аналогии в деятельности конструкторов мы уже обращали внимание. Конструирование, проектирование, изобретательство являются не только видами технического творчества, направленного на создание нового, но одновременно и такими видами умственной деятельности человека, в процессе которых он должен учитывать вполне определенные технические нормы, условия, ГОСТы и т. д.

Тенденции к норматизации и стандартизации узлов, деталей блоков, вполне объяснимые с технолого-экономических позиций, существенно влияют и на мышление проектировщиков — им приходится стремиться к максимально возможному применению в создаваемых машинах уже известных деталей, блоков, узлов. Кроме того, некоторые общие тенденции развития современного конструирования (в частности, бионическое направление, моделирование) обусловливают стремление к действиям, к мышлению по аналогии. Таким образом, аналогия становится одним из универсальных механизмов мышления, постоянным эвристическим приемом, наконец, стратегией действий конструктора.

Итак, мы предположили, что аналогия (как процесс и результат сравнения) является одним из механизмов интуитивного мыш-

ления конструктора. На чем конкретно строились наши предположения? Рассмотрим небольшой эксперимент.

Убедившись, что аналогия играет существенную роль в процессе рационального решения конструкторской задачи, мы несколько видоизменили методику, чтобы проследить за особенностями возникновения догадки. Оставив те же задачи на заполнение «черного ящика», мы несколько изменили ситуацию. Теперь она начиналась так: «Можно ли таким образом заполнить корпус механизма, чтобы осуществлялось указанное на рисунке движение (или движения)?». При этом от испытуемого не требовалось во всех подробностях сначала рассматривать (решать) задачу, а лишь дать по возможности быстрый ответ: «Да», «Нет». После такого ответа требовалось дать объяснение в подтверждение своей точки зрения. Ответы испытуемых дали возможность составить представление о возможном механизме, позволяющем им сделать быстрый вывод о «начиняющей» корпус структуре. Очень много ответов содержали ссылки на аналогичные, известные ранее механизмы, которые вспоминались и полностью или частично использовались при решении новой задачи. Аналогия выявлена примерно в 60 % случаев; это очень высокий процент, особенно если учесть, что еще примерно в 20 % случаев испытуемые не могли убедительно рассказать о причине своего ответа и дать связный вариант решения в виде эскиза.

Наши предположения в значительной степени укрепили и данные эксперимента по изучению замысла решения и стратегий решения задач, когда испытуемые трех групп (механики, электрики со стажем и группа молодых специалистов) решали три серии постепенно усложняющихся задач, подобных тем, о которых мы уже говорили. В итоге оказалось, что в решениях испытуемых всех групп есть очень много общего. В целом около 30 % решений были совершенно интуитивными, около 30 % — рациональными, около 40 % — «смешанными»; кроме того, установлено, что у испытуемых трех групп проявляются одинаковые тенденции к использованию своего опыта деятельности (в особенности недавнего). Изучив характер деятельности каждого испытуемого до и в период проведения экспериментов, можно обнаружить соответствующие аналогии в решаемых задачах. При этом сама тенденция проступает очень ярко.

При переходе от задачи к задаче в сериях решаемых экспериментальных задач у всех испытуемых все ярче проявлялось стремление (на неосознанном и вполне осознанном уровнях) к переносу соответствующих структур, качеств в контекст новой задачи. В основе переноса было также установление общего, сходного, аналогичного.

Учитывая это, а также опираясь на ответы испытуемых, независимые друг от друга, мы пришли к выводу, что в основе интуитивного мышления может лежать именно механизм сравнения, установления аналогии и последующего ее переноса в новое устройство. Кстати, само установление аналогии сходно с тем про-

цессом, о котором мы писали выше, когда говорили об ускоренном синтезе условия, — аналогия также может устанавливаться при замыкании цепи сопоставлений какой-то существенной деталью, существенным признаком.

То обстоятельство, что одну и ту же задачу одинаково подготовленные конструкторы решают одним и тем же способом (в смысле технического осуществления), но по-разному в смысле осознания ими путей достижения решения, еще раз позволяет предположить, что в основе их мыслительной деятельности заключены сходные механизмы.

Конечно, нет достаточных оснований утверждать, что аналогия является единственным механизмом интуитивного мышления. Более того, есть все основания думать, что наряду с аналогией, со сравнением вообще постоянно осуществляются комбинаторные действия, как это наблюдается и при сознательной деятельности. Продуктом неосознанной деятельности при решении конструкторских задач были не только готовые блоки и элементы аналогии, но и блоки, скомбинированные из других блоков, частей, элементов. В специальном эксперименте испытуемым предлагалось сконструировать какие-либо механизмы из предоставляемых частей (в частности, элементов кинематических систем).

В ряде случаев готовые конструкции возникали вследствие интуитивного мышления испытуемых, причем это мышление могло опираться именно на действия комбинаторного характера, так как это диктовалось самой объективной необходимостью построения механизма, например, при его сборке. Но это была не просто копия механической сборки, которая является простейшей формой комбинаторики, поскольку условия задач могли содержать ненужные, лишние или, наоборот, недостающие элементы и узлы, т. е. испытуемым приходилось осуществлять и выбор, и поиск.

Чтобы выяснить, могли ли протекать неосознанно действия, направленные на реконструкцию, нахождение структур со свойствами противоположными или отличающимися от данных, была проведена другая серия экспериментов. Испытуемым предлагали построить механизмы, которые бы отличались от задаваемых в условии теми или иными функциями (или структурами). Оказалось, что такие действия протекают вне сферы сознания. Таким образом, в принципе удалось установить, что неосознаваемая мыслительная деятельность, которую мы здесь идентифицируем с интуитивным мышлением, фактически может осуществляться таким образом, что можно предполагать в ее основе механизмы сравнения, комбинаторики, аналогизирования и противопоставления, которые имеют место при рациональном, осознанном мышлении. Конечно, это гипотеза, хотя, с нашей точки зрения, достаточно убедительная, по крайней мере для части неосознанных процессов мышления.

На основе сказанного можно сформулировать следующие положения.

1. Деятельность конструктора в процессе решения задач, идентичных обычным рабочим заданиям, характеризуется как сознательными, так и неосознанными мыслительными процессами, которые дают в итоге частные или полные решения (промежуточные и конечные продукты решения), совпадающие по своим параметрам. Это дает основания предполагать, что неосознанные процессы, по крайней мере часть из них, характеризуются теми же мыслительными механизмами, что и сознательные процессы (сравнение, анализ, синтез и их производные).

2. Мыслительная деятельность конструкторов на разных стадиях решения задач характеризуется более или менее явными проявлениями неосознанного мышления, в результате которого возникают догадки или ряды догадок, способствующие достижению промежуточных или конечных целей в решении задачи. Догадки, которые мы рассматриваем как следствие процессов интуиции (неосознанного мышления, начиная от его простейших форм), можно на основании полученных данных классифицировать следующим образом:

догадки как следствие неосознанного узнавания, являющегося следствием припоминания;

догадки как результат понимания (ситуации, фрагмента ситуации, структуры, ее части и т. д.);

догадки как результат интерпретации (ситуации, ее части и т. д.), являющейся следствием сравнения, анализа и синтеза и их производных (аналогизирование, комбинаторика, противопоставление и др.);

догадки как результат антиципации (прогнозирования, «предчувствия»), являющейся следствием мысленного эксперимента («проигрывание» структуры или функции «в будущем», в новой ситуации и т. д.).

В свою очередь, все догадки можно подразделить на частичные (фрагментарные), преобладающие, полные — по отношению к конечному итогу (например, к полноте «отгадываемой» структуры конечного технического устройства).

Догадки можно соотносить со временем решения задачи, а именно: они могут возникать в начале решения, в процессе (на той или иной его стадии) и в конце решения. По форме догадки проявляются у конструкторов в виде зрительных образов, вербальных понятий, комбинированно (образы с «сопровождением» словесно определяемого смысла и др.). Все три подвида могут восприниматься как идея решения (план действий), идея структуры механизма (принцип его построения, соединения частей) и в других планах.

Догадки можно классифицировать по степени четкости или смутности (скажем, по шкале «очень четкая», «четкая», «средняя», «смутная», «очень смутная» и т. д.).

К догадкам и собственно интуитивному мышлению мы относим также инсайт (у нас — синоним догадки), «ага́-эффект» (момент догадки), сатори (как процессы и итоги интуиции).

Воспроизведение автоматизированных процессов мышления в том числе, в виде отдельных действий и мелких операций можно рассматривать как крайний случай интуиции (относя их к категории догадок, являющихся следствием неосознанного припоминания и т. д.).

3. Все виды интуитивного мышления характеризуются большей или меньшей протяженностью во времени, хотя лица, решающие задачу, могут воспринимать догадку как мгновенное явление. Быстрое и очень быстрое протекание некоторых интуитивных процессов заставляет предположить, что психика обладает возможностью ускоренного осуществления ряда процессов, протекающих на неосознаваемом уровне.

Изучение деятельности изобретателей, ученых, решающих некоторые проблемы в течение длительного времени, дает возможность говорить о связи между интуитивным мышлением и сложностью решаемой задачи.

4. Интуитивное мышление имеет четко выраженные индивидуализированные проявления как по частоте проявления, так и по характеру самих интуитивных действий (например, по полноте «отгадываемого» материала).

5. В возникновении догадки у конструкторов особую роль играют различные виды и формы подсказок, которые мы назвали психологическими (интуитивными) катализаторами. Последние делятся на два вида: внешние и внутренние. К внешним можно отнести чертеж, макет, слово, жест, действие; к внутренним — образ, понятие, слово.

6. Продукты интуитивного мышления играют такую же регулирующую роль в процессе решения конструкторской задачи, как и продукты сознательного решения. Можно предполагать, что на интеллектуальном поведении субъекта интуитивные процессы сказываются не только в моменты догадок, осознания продуктов неосознанной деятельности (не только в плане прекращения решения — внешнего, когда субъект задумался, но и в плане его сознательных действий, их направленности, уверенности в их адекватности и т. д.).

Сказанное дает основание считать интуицию, во-первых, явлением индивидуальным, во-вторых, не только порождаемым мыслительной активностью, но и, по-видимому, стимулируемым другими психическими функциями (вниманием, памятью, волей, восприятием, эмоциями и др.).

Можно считать, что человеческая психика обладает еще малоизученными потенциальными возможностями, позволяющими человеку эффективнее приспосабливаться к действительности (в частности, путем решения задач) и предугадывать ситуации, которые могут возникнуть в недалеком и более или менее отдаленном будущем. Одной из таких возможностей является интуиция, характер проявления которой заставляет предполагать, что многие мозговые процессы осуществляются параллельно (а может быть, и не только параллельно, но и по более сложному геометрическо-

му рисунку — плоские и объемные сети и т. д.), ускоренно, а также что человек в состоянии производить оценочную работу на неосознанном уровне.

Кроме того, эти предположения не исключают и таких явлений и качеств психики, которые, возможно, настолько отличны от уже известных, что их изучение в принципе изменит наши представления об интуиции и мышлении.

Что касается сугубо практического значения того, о чем здесь шла речь, то естественным представляется вывод о необходимости специального изучения каждым конструктором особенностей своего творческого процесса. Хотя речь идет и о сравнительно скромном изучении — всего лишь о систематическом самонаблюдении, в конечном счете оно поможет лучше строить рабочий процес, в какой-то мере стимулировать появление и проявление догадок, критически относиться к некоторым продуктам неосознаваемой деятельности, хотя и не пренебрегать ими.

4. ОБЩИЙ АНАЛИЗ СТРАТЕГИЙ РЕШЕНИЯ КОНСТРУКТОРСКИХ ЗАДАЧ

Проблема психологического изучения мыслительных стратегий, направленных на решение задач, приобретает в настоящее время особенно большое значение. Это связано, с одной стороны, с дальнейшими попытками получить более полное представление о мыслительном процессе, о методах решения мыслительных задач; такой подход является продолжением классических традиций в психологии. С другой стороны, возникли новые подходы, детерминированные в той или иной степени развитием кибернетики, попытками формализации мыслительных процессов; эти подходы также направлены на выявление наиболее типичных приемов, операций, стратегий, которыми пользуется человек для решения какой-либо задачи или проблемы. Наконец, попытки оптимизировать творческие процессы профессиональных работников разных специальностей требуют изучения ответствующей умственной деятельности до мельчайших подробностей, как со стороны структуры, так и со стороны факторов, влияющих на ту или иную деятельность.

Занимаясь изучением процесса решения технических задач профессиональными работниками, мы неизбежно должны были связать процесс понимания конструкторской задачи и процесс формирования замысла решения со стратегией решения в целом.

Новая терминология, привнесенная в психологию из других областей (в частности, кибернетических), хотя и получает «гражданство», все еще остается во многом неопределенной. С полным правом это можно сказать и о понятии «стратегия». В самом деле, является ли это понятие таким, которое качественно улучшает наше понимание изучаемых мыслительных процессов? Как это понятие соотносится с такими уже устоявшимися понятиями, как «способ решения задачи», «метод решения», «вариант решения», наконец «путь решения»? К сожалению, на эти безусловно важные

вопросы пока еще нет сколько-нибудь исчерпывающих ответов. Исследования только разворачиваются и в них лишь ищутся подходы, т. е. изучение этой проблемы находится на стадии первоначального становления. Тем не менее нам предстоит здесь остановиться на этих вопросах и дать, пусть в первом приближении, на них ответы.

Термин «стратегия» перешел в теорию игр, кибернетику, психологию из военной науки, в которой под стратегией понимают совокупность подготовительных, планирующих и реализующих действий, направленных на ведение крупных операций наступательного или оборонительного характера. Стратегия — это понятие, которое в военной науке употребляется применительно к войне в целом, а также к действиям армий, генеральных штабов и т. п. Для более мелких действий применяется термин «тактика», означающий какие-либо действия вспомогательного, временного, подчиненного стратегии порядка.

В теории игр под стратегиями понимаются множества решений игрока; эти решения указывают ему конкретное поведение в каждой очередной ситуации, возникающей в течение игры. Нередко выбор игровой стратегии предопределяет исход игры. В теории игр под стратегиями понимают знания управлений (определенных величин), как функций фазовых координат (значение этих величин в любой момент); игрок строит свою стратегию по соответствующим управлениям [16].

Теорией игр введены также такие понятия, как оптимальная стратегия, смешанная стратегия и другие, которые в данном случае интересуют нас меньше. Оптимальная стратегия предполагает такую последовательность действий, которая приводила бы к кратчайшему достижению конечного результата; под смешанной подразумевают стратегию, предполагающую учет игроком не только текущих, но и прошлых значений, усреднение их, соотнесение при выборе последующих действий.

Польский психолог И. Козелецкий называет стратегией совокупность правил и положений, которые принимает решающий и на которые он опирается при принятии решений о категоризации информации. Некоторые ученые связывают понятие стратегии с традиционными понятиями метода и способа решения задачи, например, И. Лингарт прямо называет стратегию способом решения проблемы, когнитивным процессом, связанным с продвижением к цели. Разные авторы исходят из различных теоретических посылок и изучают функционирование стратегий на различном материале. В связи с этим существуют значительные несоответствия и расхождения в подходах к стратегиям. В настоящей работе для анализа конструкторской деятельности использованы те положения, которые наиболее соответствуют нашим позициям и данным.

В конструировании, как и в любой другой деятельности, складываются свои способы решения, свои приемы, наконец, стратегии решения задач. Но если речь заходит о новых творческих за-

дачах, то, по-видимому, в этих случаях стратегии решения складываются у конструкторов уже в процессе анализа условия, построения замысла, поскольку решающие не могут сразу применить к новым задачам известные им стратегии, по крайней мере, без предварительной апробации в умственном или практическом плане.

В отечественной психологии первая попытка определить «методы умственного конструирования» сделана С. М. Василейским. Им найдены двенадцать таких методов, в частности, метод комплексного соединения уже известных частей или целых механизмов, метод реинтеграции — разработки механизма с главной детали, методы концентрированной интеграции, разделения, перестановки замещения, аналогии, противопоставления, трансформации и др. Некоторые из этих методов часто встречаются в конструкторской практике, но тут возникают по меньшей мере два вопроса. Во-первых, можно ли считать эти методы стратегиями решения, а, во-вторых, универсальны ли эти методы? Без специальных исследований детально ответить на эти вопросы нельзя.

В процессе формирования конструкторского замысла можно выделить две стадии: первая — возникновение первичных образов и понятий; вторая — наступление момента, когда конструктор принимает решение производить поиск в определенном направлении на основании замысла-гипотезы. Здесь и далее понятия стадия, этап и т. п. употребляются нами в том смысле, которые вытекают из трактовки решения задачи как потока решения. В начале формирования замысла по ассоциации возникают образы, понятия, из которых конструктор выбирает те, которые представляются ему максимально соответствующими требованиям условия. Уточняя и конкретизируя их, он постепенно все более приближает их к требуемому по условию устройству, тем самым формируя замысел решения.

На первом этапе формирования замысла у наших испытуемых преобладали образы-понятия и зрительные образы. Это говорит о том, что уже на начальном этапе решения задач у конструкторов активизируется образно-понятийная деятельность, причем значительное место в ней занимают зрительные образы.

Рассмотрим процесс трансформации первичных образов и понятий в замысел (гипотезу), а затем в стратегию решения задачи.

Рассмотрим, как первичные образы-понятия, зрительные образы и абстрактные понятия переходят в образ-идею.

Образ-понятие, возникающий на начальной стадии решения задачи, является преобладающей формой первоначального конструкторского замысла. Объяснить это можно спецификой конструкторской деятельности и обусловленного ею мышления конструктора. Конструкторская деятельность требует от субъекта, с одной стороны, умения оперировать образами технических деталей, узлов, механизмов, а с другой — умения оперировать техническими понятиями, качествами, законами.

Именно поэтому образ-понятие уже на первичной стадии своего возникновения отражает объективные условия задачи, которая всегда требует создания конструкции с определенным назначением. Свое особое назначение (функцию) и свою структуру имеет каждая конструкция, поэтому если возникает образ-понятие, отражая требования по отношению ко всей конструкции в целом, то это лишь субъективное преломление конструктором объективных требований, предъявляемых задачей. В отличие от образа-идеи, составляющего основу гипотезы о решении задачи, образ-понятие заключает лишь обособленное представление о самом конкретном механизме без представления о пути решения данной задачи.

Образ-понятие — это динамический мыслительный комплекс. В процессе развития замысла он не остается неизменным, а все время конкретизируется, изменяется в направлении большей определенности в структурных и функциональных признаках. В реальных условиях бывает так, что функции задаются более или менее четко с самого начала самим условием. В этих случаях, в первую очередь, ищут структуру, которая отвечала бы исходной функции (основной), однако по мере воссоздания составляющих частей всей конструкции возникает необходимость в проверке и уточнении их конкретного назначения. Поэтому иногда в образе-понятии на первый план выступает назначение детали, а в других случаях — структура, так как схематическое первоначальное определение общей структуры может оставлять много неясностей в деталях.

Процесс трансформации исходного образа-понятия в образ-идею решения задачи связан с применением ряда мыслительных приемов. Так, соединение частей (соединение двух валов в один) сочетается с абстракцией, аналитическим выделением определенного участка из всей конструкции — на первом этапе формирования, а в последующем то же соединение уже связано с объединением всего механизма в одно целое. А все это непрерывно проявляется через сравнение разрабатываемой конструкции с конструкцией, задаваемой условием задачи, и связано также с постепенной конкретизацией отдельных узлов и деталей механизма внутри корпуса.

В рассмотренных примерах видно также, что развитие исходного образа-понятия до образа-идеи, составляющего основу гипотезы решения (т. е. замысла), производится с помощью специальных приемов аналогии, переноса, соединения, расчленения, перемещения, рекомбинации, видоизменения по контрасту и др. Все эти приемы основаны на сравнении, синтезе и анализе, а также на абстрагировании, конкретизации и классификации.

Часто на стадии зарождения замысла у испытуемых появляется *зрительный образ*, который может не сопровождаться сколько-нибудь четким словесным определением. Такой образ может нести разнообразную содержательную информацию. Он может возникать ассоциативно, например, при восприятии прилагаемого к условию задачи исходного чертежа: «Обычно у меня появляют-

ся какие-то представления о том, какой должна быть окончательная конструкция, когда я рассматриваю чертеж, прилагаемый к заданию. Если такого чертежа нет, то я его выполняю сам...» (из анкеты).

Первоначальный образ может отражать и структурный и функциональный подход к решению, однако, как правило, образ отражает прежде всего структуру узла, механизма и т. п.

Хотя зрительные образы и связаны в большинстве случаев с представлениями о структуре механизмов, они уже на начальном этапе формирования замысла начинают играть вспомогательную роль для раскрытия функции той или иной части.

В дальнейшем первоначальный образ развивается, постепенно обрастая понятийным содержанием: к образу детали, узла или целого механизма «присоединяется» назначение этой детали, узла или механизма в целом. Возможно также присоединение к одному образу других образов, их сочетание, взаимосоединение или, наоборот, «вытеснение» одним образом другого и т. п.

В отличие от образа-понятия зрительный образ должен дополниться представлениями о функциях, испытуемые должны четко осознать сущность воображаемого механизма, его назначение, технические качества и т. д. Поэтому при трансформации зрительного образа в образ-идею можно наблюдать не просто использование приемов аналогии, переноса, перекомбинации и др., а использование их в специфическом плане — в плане дополнения, развития, конкретизации за счет словесного осмысливания, осознания и приведения в соответствие представляемой структуры с ее назначением; при этом постоянно производится соотнесение ее с условием задачи, в частности, с чертежом, а такое соотнесение позволяет уточнять и углублять образ. При развитии зрительного образа нередко наблюдаются противоречия между образом и словом, несоответствия, негармоническое доминирование зрительного образа, что приводит к трудностям и ошибкам при формировании замысла.

Исходное понятие на стадии первоначального формирования замысла вообще возникает нередко, как и зрительный образ, ассоциативно, только в данном случае, очевидно, приходится иметь дело с доминирующей активизацией понятий, мыслей, закрепленных в словах о назначении деталей и узлов, а также об их структуре.

Абстрактное понятие появляется главным образом тогда, когда конструктору представляется только принцип (общий или частный) действия механизма, его назначение, понимание этого назначения, т. е. фактически имеется понимание того, что нужно сделать, но нет понимания, представления о том, как это сделать конструктивно. Иногда появление понятия, а не образа-понятия или зрительного образа, можно объяснить отсутствием определенных знаний, непониманием условия, новизной всей задачи или отдельных ее частей. В таких случаях могут возникать и абсолютно неадекватные образы случайного характера. Кроме того, уда-

лось выяснить, что нередко при возникновении первичного понятия имелись и зрительные образы, правда, они были очень смутными, неясными для испытуемого, который ссылался на них только при специальных расспросах или обнаруживал это косвенно. В связи с этим можно говорить только о преобладании понятий на первоначальной стадии формирования замысла. При этом такого рода понятия часто являются полным или видоизмененным повторением (вариантом) текстового условия задачи.

В большинстве случаев понятия относятся к назначению конструкции («нужно установить колесо для передачи вращательного движения», «промежуточный вал поможет изменить направление вращения» и т. д.). В подобных примерах можно отметить, что испытуемым ясно, для чего нужно установить ту или иную деталь, тот или иной узел и т. п., но в их сознании мало отражается сама структура узла, детали и т. д. Иногда понятия возникают для того, чтобы выразить идею самой конструкции, которая уже мыслится, но еще не сформировалась как зрительный образ.

Из проведенных нами взаимосвязанных исследований, направленных на изучение стратегий решения задач инженерами, остановимся подробнее на исследовании общих особенностей формирования стратегии.

Испытуемые (50 человек), получившие одинаковое образование (инженеры-механики) и в последующем выполнявшие примерно одинаковую работу, были разделены на две группы (по 25 человек): в первой — механики со стажем работы 5 лет; во второй — 9 лет.

Представление о стратегиях решения экспериментальных задач складывалось по мере изучения самих процессов решения. В каждом случае перед испытуемым стояла конкретная цель — построить определенный механизм, отвечающий требованиям условия задачи. Здесь мы приводим данные, иллюстрирующие взаимосвязь между сложностью задач и выбором испытуемыми стратегических операций, благодаря которым они могли завершить решение.

Каждый из испытуемых, решая новую для себя задачу, был поставлен в условия, когда нужно было принимать ряд поэтапных решений относительно последующих действий. Таким образом, процесс решения можно представить структурно в виде нескольких комплексов мысленных шагов, характеризующих умственную деятельность конструктора. Этими комплексами-блоками были процессы изучения условия и его оценка, формирования гипотезы о способе решения, собственно решения (реализации гипотезы) и его проверки; каждый процесс включал указанные «шаги» в направлении приведения задаваемой лишь частично структуры механизма в функционально обусловленный вид.

Конструкторскую стратегию можно рассматривать как состоящую из ряда тактик, которыми испытуемый руководствуется на каждом этапе решения.

Каждую стратегию можно разделить на три основных части, а именно: изучение условия задачи, поиск пути решения, вопло-

щение гипотезы решения. Такая структура стратегии полностью соответствует описываемому в литературе трехстадийному творческому процессу решения новой задачи. Анализируя каждую из этих составляющих, можно легко заметить, что сами они включают соответствующие приемы, тактики, позволяющие проанализировать новое условие, соотнести его с предыдущими условиями, выделить в новой задаче главный элемент, структуру или функцию, вести поиск идеи решения, ориентируясь на структурные или функциональные (преимущественно) признаки механизма, находить общее в сравниваемых механизмах, противопоставлять функционально-структурные качества механизмов, переносить какие-то части или признаки в контексты новых условий, переставлять и перекомбинировать части одного механизма с другими механизмами и т. п. Итак, каждый из трех основных этапов решения характеризуется своими тактиками. Но вместе с тем нет оснований утверждать, что решение может быть охарактеризовано одной стратегией, если под ней подразумевать какое-то одно умственное действие, приводящее к достижению значительного эффекта. Для этого или задача должна быть очень простой, или просто конечный функциональный показатель зависит от замены блока (как это часто можно наблюдать не только в кинематических задачах, но и в задачах по электронике при микро- и макромодульном конструировании), причем до этого момента конструкция в целом уже разработана раньше.

Конструкторская стратегия — ее структура, оптимальность, эффективность и т. д. — зависит от наличия у испытуемого специальных знаний по теории машин и механизмов, теоретической механике, деталям машин, а также от практических умений пользоваться этими знаниями, навыками для решения конструкторских задач. Конструкторам необходимо знать основные свойства существующих передач вращательного и поступательного движения, особенности компоновки кинематических механизмов, закономерности расположения валов, осей и других структурных элементов передач и т. д. Теоретически все испытуемые имели необходимый минимум знаний, но не у всех они находились в «зоне активного использования», это не считая индивидуальных различий. В итоге, хотя мы и получали неоднократно решение одной и той же задачи технически идентичное, путь достижения конечного результата, стратегия имели бо́льшие или меньшие отличия.

На практике формирование каждой стратегии не может быть заранее обусловлено в деталях, можно лишь предсказывать те или иные стратегические тенденции мыслительного поиска конструкторов. На выявление таких тенденций и был направлен, в частности, анализ полученных результатов. При этом под тенденциями мы понимаем склонность испытуемого к преобладающему применению однотипных мыслительных действий, приемов и т. п.

При решении конструкторских задач у испытуемых выявлены четыре рациональные тенденции: действия по аналогии с известными механизмами и функциями, действия комбинаторного харак-

тера (перестановки, привнесения, изъятия, преобразования и др.), действия по контрасту с известными механизмами и принципами и, наконец, смешанные действия, включающие в разных пропорциях три первых тенденции. Эти рациональные тенденции и можно считать стратегиями решения конструкторских задач, но в каждом отдельном случае каждая из этих тенденций преломлялась своеобразно.

Например, тенденция действий по аналогии, как это можно было наблюдать, связана с выявлением сходного в структурных и функциональных признаках двух сопоставляемых механизмов — известного ранее и того, который ищется, но который уже предварительно обусловлен техническим заданием. Внимание конструкторов концентрируется на конкретных узлах и деталях и их признаки вовлекаются в поиск, вводятся в контекст решения. Отсюда и вытекает закономерность действий со структурами, с функциями конкретного механизма. В реальной задаче испытуемые выполняют конкретные стратегические операции, существенно приближающие их к поставленной в гипотезе решения цели. Именно стратегические операции, предусмотренные планом, замыслом действий и следует считать определяющими стратегию решения всей задачи.

Рано еще говорить о том, определяются ли тенденции действий испытуемого по преобразованию механизма больше личностными качествами или предшествующей деятельностью, но можно с полной уверенностью сказать, что сочетание таких тенденций с конкретными условиями задач, содержащими определенные структурные комплексы с задаваемыми функциями (разумеется, и то и другое задается лишь частично) порождает в конечном счете конкретную стратегическую операцию, позволяющую испытуемому выполнить требования задачи.

В наших экспериментах мы смогли выделить девять таких операций: 1) структурные построения по аналогии; 2) структурные построения по контрасту; 3) структурные построения путем перекомбинаций; 4) функциональные преобразования по аналогии; 5) функциональные преобразования по контрасту; 6) функциональные преобразования путем перекомбинаций; 7) смешанные построения и преобразования по аналогии; 8) смешанные построения и преобразования по контрасту; 9) смешанные построения и преобразования путем перекомбинаций.

В ряде случаев мы не смогли классифицировать действия испытуемых в пределах указанных тенденций (см. далее о стратегии случайных подстановок).

Названные операции рассматриваются, как сквозные, определяющие все решение новой задачи. Они, разумеется, могут сочетаться и чаще всего действительно сочетаются с другими тактиками, действиями; иногда в одном решении наблюдаем сочетание нескольких тенденций, поэтому в каждом конкретном случае стратегию следует определять по преимущественному преобладанию той или иной операции.

Нет никакой необходимости давать подробную характеристику каждой из девяти стратегических операций. Например, структурное построение по аналогии связано с тем, что испытуемый пытается задаваемый механизм построить частично по подобию известного раньше механизма, при этом за основу берет структурные признаки известного механизма — внешние характеристики зубчатых зацеплений, валов, расстояний между ними, конфигурации и т. д. Это касается и функциональных преобразований, но здесь на первый план выступают не сами элементы и их сочетания, а направления движения, типы движения, функциональная зависимость частей и механизма в целом. При построениях по контрасту испытуемые отталкиваются от известных механизмов, их аналогичных структур или функций и выполняют в новом механизме построения, полностью или частично отличающиеся от известных (в существенных признаках, разумеется, как и при действиях по аналогии). Комбинаторика действий связана в первую очередь с локализацией структур и функций; испытуемые проверяют свои гипотезы относительно изменения роли элемента, узла, механизма при его перестановке, сочетания с другими элементами, изменения его размеров и т. п. Естественно, что смешанные построения и преобразования характеризуются относительно равномерным учетом и структурных, и функциональных признаков. У испытуемых преобладали стратегии структурные и смешанные, а среди тех и других особенно часто встречались структурные стратегии преобразования по аналогии и смешанные построения и преобразования по аналогии. Как правило, у испытуемых второй группы стратегий было больше (это связано с бо́льшим числом вариантов решения одной и той же задачи). Что касается распределения стратегий по экспериментальным задачам, то здесь имело место соблюдение примерно одинаковых пропорций между первой и второй группами испытуемых. В общем нельзя сказать, что какая-то задача может быть отмечена преобладающей частотой реализуемых стратегий — распределение частот было более или менее равномерным.

Разделив действия конструктора при решении новой кинематической задачи на подготовительные, планирующие и оперативные, мы должны обратить внимание на то, чем определяются эти действия помимо общих факторов (знаний, индивидуальных качеств). Из решений видно, что каждому этапу присущи специфические черты.

План решения как представление о последовательности и содержании конкретных действий, в итоге приводящих к решению задачи, испытуемый может составить лишь в результате четкого осознания связей и зависимости между основными узлами и функциональными признаками механизма, который он строит. Но четкий план вырабатывается испытуемыми в редких случаях. Как правило, замысел решения включает лишь представление о главной операции, которая позволит построить механизм с определенной функцией. Конкретные же детали строятся по ходу реализации главно-

го принципа. Замысел, как представление о моностратегии решения, строится, в свою очередь, по определенным принципам — структурным и функциональным, комбинированным. В замысле находит свое отражение и общий подход испытуемого к условию — синтетический или аналитический, что влияет и на стратегическую реализующую операцию: испытуемые решают задачу посредством построения главных частей или поэтапно детализируют отдельные участки.

Стратегия решения конструкторской задачи по кинематике состоит из взаимосвязанных и взаимодетерминирующих участков: образ конструируемого механизма формируется с опорой на предыдущий анализ, с учетом ошибок, неправильных действий, требований условия и известных испытуемому технических норм. В условиях исследования испытуемые выполняли большое число эскизов, отражающих ход их рассуждений. Обычно же они выполняют эскизов меньше, манипулируя с образами в уме. Умственное конструирование требует более высокого уровня умения совершать соответствующие операции с механизмами (их образами), но сущность стратегического мышления при этом не меняется — преобразовательные действия концентрируются на принципиально значимом участке механизма, построение которого должно решить, по мнению испытуемого, основную проблему в задаче.

Несколько слов об особенностях реализации гипотезы-замысла. Выявлены типичные варианты замыслов, которые складываются у испытуемых к моменту начала собственно решения, а именно:

1) у испытуемого имелся четкий образ будущей конструкции и в целом и в основных узлах;

2) испытуемый имел представление лишь о части конструкции;

3) испытуемый осознавал лишь направленность преобразований, но не видел еще возможности конкретных структурных построений;

4) испытуемый не имел никакого представления о своих будущих действиях, хотя и адекватно понимал условие.

Каждый из этих вариантов характеризуется последующим выбором той или иной тактики, стратегической операции. Так, в первом и втором случаях наиболее часто следовали действия в направлении смешанных и функциональных построений и преобразований, в третьем — структурных. Когда же испытуемые не имели плана действий, то их последующие операции носили хаотический характер, а решение достигалось скорее вследствие перебора случайных (в смысле предшествующей сознательной детерминации) вариантов, чем однозначно обусловленных операций.

Итак, в практике решения конструкторских задач существуют комплексы мыслительных действий, объединение которых позволяет применять термин стратегии с необходимой оговоркой относительно соотношения тактик и стратегий. Скажем еще несколько слов о том, что следует понимать под этими терминами.

Стратегия — это система мыслительных действий конструктора, направленная на решение задачи в принципиальном аспекте с учетом ряда обстоятельств объективного и субъективного характера. Мыслительная стратегия конструктора включает подготовительную работу, планирование и проведение решающих действий; к этим трем частям следует относить соответственно изучение условия задачи, формирование и воплощение замысла посредством специальных тактик и операций. Таким образом, конструкторская стратегия, и это полностью соответствует предшествующим психологическим исследованиям процесса решения различных задач, не выходит за пределы тех структурных схем, которые связывались с процессом решения задачи. Вместе с тем мы не имеем никаких оснований подразумевать под стратегией решения конструкторской задачи лишь отдельные тактики и операции (или методы), как это делают другие авторы. Поскольку речь может идти именно о стратегии, перечислим ее основные этапы:

1) изучение условия задачи, включающее общее и частное изучение всех технических координат прибора (здесь имеется в виду также активизация психических ресурсов испытуемого, выработка у него определенной «предрешательной» установки);

2) проверка условия конкретными знаниями — соотнесение новой задачи с системой своих знаний и опыта практических действий (не только «чисто» умственного плана);

3) выбор гипотезы о возможном структурном и функциональном преобразовании заданных составляющих;

4) «проецирование» гипотезы на все условие в целом и локализация ее по месту конкретного применения (если она относится не ко всему механизму);

5) проверка гипотезы посредством предусмотренных ею тактик и вспомогательных приемов;

6) детализация, учет общих стандартов и локальных требований.

Следует повторить, что в данном случае речь идет об общей структуре стратегии, а не о ее конкретном проявлении. В каждом отдельном случае возможны отклонения от общей схемы и, кроме того, реальная стратегия будет определяться доминированием той или иной стратегической операции, конкретными тактиками, которые реализуются при изучении условия технического задания, при формировании гипотезы и при ее проверке.

Таким образом, исследования позволили выделить три основные самостоятельные стратегические тенденции мышления конструктора при решении кинематических задач: действия по аналогии с ранее известным или познанным в процессе конкретного решения, действия по контрасту, а также действия, связанные с перестановкой, заменой, реконструкцией и т. п. в механизмах и их частях. Каждая из этих тенденций предопределяет, в свою очередь, по три стратегических операции: структурных построений, функциональных преобразований и смешанную.

Относительно частоты проявления этих тенденций можно ска-

зать, что при решении задач рассматриваемого типа наиболее частыми были структурные и функциональные построения и преобразования по аналогии, операции перекомбинирования (особенно по мере усложнения задач в структурном плане); реже применялись действия по контрасту, хотя они наиболее творческие.

Мы подразумеваем, что стратегия учитывает максимальное число факторов, в том числе такие, как экономический, технологический, эксплуатационный, эстетический. Поэтому-то, говоря строго, и следует понимать под рассматриваемыми здесь стратегиями своего рода микростратегии, которые, впрочем, должны отличаться от макростратегии лишь в объеме и деталях.

Нужно отметить, что запланированная стратегия и реальная стратегия могут сильно отличаться, вплоть до того что стратегические операции, тактики вообще будут различными. Иногда причина этого в недостаточном изучении условия, малообоснованном выборе исходного узла; в других случаях это объясняется более совершенным поиском на этапе проверки гипотезы. Кроме того, по мере углубления в новую задачу у испытуемого могут появиться возможности рассмотреть тот или иной аспект под другим углом зрения, что позволит решить задачу другим способом посредством той же или другой стратегической операции.

Содержательная сторона умственной деятельности конструкторов несомненно определяла и специфику стратегических действий, в том числе и на операционном уровне. А в целом для мышления наших испытуемых были присущи все те формальные качества, которыми оно описывается в современной психологической литературе, т. е. в процессе решения экспериментальных задач имели место и синтетические, и аналитические операции, и различные уровни абстракции и конкретизации, и генерализации, и классификации. Наглядно-действенное конструкторское мышление — оперирование специфическими образами, выполнение эскизов — постоянно сочетается и переплетается с теоретическим мышлением (понятия о законах и особенностях функционирования, экономико-технологических требованиях и т. д.).

Стратегия — понятие масштабное, применимое к большим отрезкам времени, большому числу действий и т. д. В психологии можно говорить о стратегии жизни, стратегии поведения, стратегии обучения, стратегии деятельности. Конечно, приложение понятия «стратегия» к решению одной задачи может показаться неправомерным, но опять-таки все дело в масштабности, и если рассматривать решение творческой задачи как явление неординарное, требующее от субъекта проявления всех его мыслительных (и не только мыслительных, но личностных вообще!) способностей, то вопрос о правомерности применения термина «стратегия» можно снять. Но иерархию стратегий нарушать не следует. Сохранится она, вполне понятно, и при изучении конструкторской деятельности: конструктор как личность, человек, реализует и стратегию жизни, и стратегию поведения, и стратегию деятельности, а стратегии решения задач будут находиться в подчиненном и

зависимом положении, хотя и они определяют во многом (по принципу взаимозависимостей и взаимообусловленности) высшие по рангу стратегии, а в конечном итоге составляют основу интеллектуального поведения личности, ибо поведение это можно рассматривать как цепь решения творческих, малотворческих и нетворческих, стандартных задач.

В свою очередь, любую сколько-нибудь сложную задачу можно разбить на ряд самостоятельных подзадач (например, понимание условия задачи — это уже самостоятельная задача) и затем вести речь о стратегиях решения этих подзадач, но чтобы избежать путаницы, мы пользуемся термином «тактика», который привычно ассоциируется с термином «стратегия».

Регулирующие функции стратегии решения задачи многообразны, как многообразна и сама структура стратегии, как многообразно и владение стратегией, осознание ее структур и другие индивидуальные особенности, которыми характеризуется решающий задачу субъект.

Прежде всего необходимо уяснить, что термин «стратегия», который в данном случае носит чисто научный характер и применен нами для более точного описания процесса решения конструкторской задачи, почти не употребляется конструкторами, а если и употребляется, то преимущественно в их собственной интерпретации. Интерпретации, наша и конструкторов, разумеется, неравнозначны. Более того, очень многие конструкторы не всегда отдают себе отчет в том, какими стратегиями они пользуются и что они вообще ими пользуются, предпочитая определять свои действия главным образом понятием решение, реже способ, метод, прием решения. Нужно отметить, что хотя понятие решение и многозначно, оно верно отражает то обстоятельство, что в каждом отдельном случае решение будет особым, оригинальным, если речь идет о решении новой задачи.

Сложилась традиция, и она достаточно распространена в психологической литературе, рассматривать решение задачи с момента начала поиска ответа на вопрос задачи или даже с момента выбора пути решения(т. е. или с момента начала формирования замысла, или даже с момента попытки реализации замысла). С этого момента многие и считают целесообразным применение понятия стратегии. Мы далеки от такого рассмотрения вопроса. Понятие «стратегия», независимо от того, как проявляются новые действия субъекта, должно охватывать, что уже неоднократно отмечено, всю структуру процесса решения, а именно подготовительные действия (понимание условия), планирующие действия (формирование замысла) и реализующие действия (проверка замысла, эксперимент). Как показывают исследования, все эти действия субъекта подчинены какой-то ведущей мыслительной тенденции в его интеллектуальном поведении. Эта доминирующая тенденция и определяет стратегию как таковую.

Субъект принимает важные для себя решения о достижении понимания условия задачи, о формировании замысла, о правиль-

ности своих действий в соответствии с замыслом. Между этими «узловыми» принятиями решений, оценками, выбором структур и функций осуществляется ряд других принятий решений, меньших по масштабу и менее значимых для решения задачи в целом. Подобная иерархия принятий решений, входящая в структуру стратегии, является регулятором процесса умственной деятельности.

О регулирующей роли понимания и замысла рассказано выше. Теперь подчеркнем еще раз, что это регулирование, реализуемое в формах образов, идей, понятий, закрепляемое и тут же проверяемое на чертежах, эскизах, макетированием, в свою очередь, регулируется стратегически. Конечно, конкретная стратегия — явление сугубо локальное, относящееся к данной, определенной задаче, но формирующие эту стратегию установки, знания, умения, способности конструктора существуют до начала решения, они и составляют своего рода предстратегию, из которой может развиться реальная стратегия. Поэтому следует говорить о детерминации интеллектуального поведения субъекта при решении задачи, детерминации, которая формирует процесс понимания (при начале функционирования системы человек — задача), а затем и замысел. Но понимание и замысел это еще не стратегия, это только ее часть; стратегия возникает тогда, когда появляется «третья точка опоры», принципиально решающая для поведения субъекта уверенность в правильности выбранного пути — адекватности замысла. Эта уверенность появляется, когда субъект в состоянии оценить свое решение, его качество, его соответствие условию задания и своим знаниям и возможностям. Иногда эта уверенность появляется только при полном достижении решения (эскизного), иногда она не появляется совсем (если конструктор подразумевает какой-то нереализуемый вариант решения). В большинстве же случаев уверенность является следствием более или менее удачного и четкого прогноза, антиципацией, мысленным «проигрыванием» конструкции, которая во многом существует еще только в замысле, в проекте.

Момент принятия решения об адекватности замысла играет поэтому важную регулирующую роль в решении задачи. Наступление этого момента всегда конкретно и зависит от ряда субъективных и объективных причин. К первым следует причислить опыт и знания конструктора, особенно опыт и знания, относящиеся к данному виду задач; антиципирующие возможности конструктора; тип мышления; состояние в данный момент (например, степень утомленности). Объективными причинами являются параметры задачи (ее сложность, объемность, новизна, специальные требования, содержащиеся в условии и т. п.), внешние условия, в которых протекает решение.

Следует помнить, что к моменту, когда конструктору необходимо принять решение (собственно, это не внешняя необходимость в полном смысле этого слова, это также и внутренняя обусловленность — такие решения имеют индивидуальную специфику) о

правильности выбранного замысла, он уже «сжился» с задачей, сравнительно легко в ней ориентируется; в значительной мере он уже находится в состоянии инерционного мышления, поэтому, если ему приходится убеждаться в неправильности (или малой эффективности) выбранного пути решения, это всегда служит, пусть в разной степени, но значительным толчком для пересмотра всего предыдущего решения, возвращает к месту, где была допущена ошибка или откуда началось малоэффективное движение к решению. Это третье по значению и наивысшее по ответственности принятие решения в значительной степени характеризует не только мышление, но и всю личность конструктора (подробнее об этом см. в гл. III).

На этом этапе развитие стратегии достигает кульминации, проверяется ее адекватность, эффективность, здесь конструктор, как правило, осознает сущность своего решения, его содержание, направленность, включаемые действия. В этой концентрации умственной деятельности — третьей по счету — решается вопрос о том, состоялась ли стратегия или был только ее проект.

Рассматривая вопрос о структуре стратегии, необходимо отметить еще одну сторону. Стратегию должны определять доминирующие действия, основные, принципиальные для конкретного решения. Так, скажем, задача может решаться на основе действий комбинаторного, реконструирующего и аналогизирующего характера; как определить применяемую стратегию? Если главными являются действия, связанные с поисками аналогов, то это будет стратегия поиска аналогов; и в соответствующих условиях — стратегия комбинаторных действий, стратегия реконструирующих действий. Когда же существует примерное равенство, гармоническое сочетание названных действий, то эту стратегию можно считать универсальной. Если при нецеленаправленном поиске, когда субъект не имеет доминирующей тенденции и у него нет других гипотез, предположений, все действия ведутся без плана — в психологии это называется путем «проб и ошибок», то такую стратегию мы называем стратегией «случайных подстановок». Можно было бы назвать ее стратегией проб и ошибок, но поскольку любая другая стратегия также не застрахована от проб и ошибок, это создало бы ряд понятийно-смысловых трудностей. Однако в строгом смысле разработки понятия стратегия такая стратегия случайных подстановок будет уже не стратегией, а своего рода антистратегией, так как стратегия подразумевает наличие плана, замысла, последовательности, направления поиска, выбор с самого начала определенных ориентиров, а всего этого в стратегии случайных подстановок как раз и нет. Поэтому следует помнить о нашей оговорке и нашем понимании сочетания этих стратегий между собой.

Таким образом, нами выделены пять основных стратегий (а точнее стратегических форм конструкторской интеллектуальной деятельности, стратегических тенденций (в умственном поведении субъекта): 1) стратегия поиска аналогов (стратегия аналогизиро-

вания); 2) стратегия комбинаторных действий (стратегия комбинирования); 3) стратегия реконструктивных действий (реконструирующая стратегия); 4) универсальная стратегия; 5) стратегия случайных подстановок.

Каждая из названных стратегий направлена на структурно-функциональные преобразования (построение структуры с определенными функциями), что и является сущностью конструирования. Каждая из стратегий имеет подвиды, включает в себя различные тактики. Так, стратегии в зависимости от направленности могут подразделяться на поиск нужной структуры (стратегия поиска структуры-аналога и т. д.), если известна нужная функция, или, наоборот, на поиск функции (стратегии поиска аналогичной функции и т. п.), если задана структура. Каждая стратегия реализуется в плане синтетическом или аналитическом — нахождении общего принципа, а затем детализации или, наоборот, в плане детальной разработки, а потом интеграции блоков и узлов.

Что касается тактик, то конечного их числа установить не удалось, так как в зависимости от различного сочетания действий, от личностных качеств, от решаемой задачи этих тактик может быть много. Но основными мы считаем следующие тактики: 1) интерполяции; 2) экстраполяции; 3) редукции, 4) гиперболизации; 5) дублирования; 6) размножения; 7) замены; 8) модернизации; 9) конвергенции; 10) деформации; трансформации; 11) интеграции (комплексирования) блоков — построение системы из узлов, блоков, а подсистемы (узла) из деталей, элементов (уже известных); 12) базовой детали (построение системы на основе главной детали); 13) автономизации (блоков, узлов); 14) последовательного подчинения (блоков, узлов); 15) смещения, перестановки; 16) дифференциации. Некоторые подобные тактики выделил С. М. Василейский (он называл их методами умственного конструирования). В том или ином представлении подобные указанным тактикам методы и приемы встречаются в работах других авторов, однако нет их классификации, четкого определения; имеются расхождения в трактовке, часто под стратегией и тактикой понимается одно и то же.

По сложности структуры тактики бывают различными: одни состоят из нескольких простых операций, другие — из системы операций и действий бо́льшего и меньшего масштаба. Часто реализация какой-либо тактики требует дополнительного или промежуточного применения другой тактики. Разумеется, тактики встречаются и в разнообразном сочетании друг с другом, но все они направлены и подчинены стратегическим тенденциям по нахождению аналоговой конструкции, по комбинации узлов и блоков (или целых систем), по реконструированию структур и функций в различных сочетаниях. Учитывая масштаб трактовки понятия тактика, можно говорить о ее регулирующей этапной роли, но иногда это регулирование становится определяющим для всего решения, т. е. влияет на саму стратегию вплоть до отказа от нее. Как это выглядит конкретно, мы показывали ранее,

В ходе исследованнй можио было увндеть, что иазваииые тактнкн группируются, в большей нлн меиьшей степени относясь к определенным стратегням. Так, например, тактнкн нитерполяцнн, экстраполяцнн, замены, иитеграцни, комплекснровання блоков, смещения тнпнчны для стратегнн перекомбннацни; тактнки редукцин, гнперболнзацин, дублнровання, замены, модерннзации, конвергенцнн, базовой деталн — для стратегий аиалогнзнровання н реконструировання; тактнкн размножения, автоматнзацни, последовательиого подчннення, ннтеграцнн, днфференцнацни одинаково часто встречаются с разлнчнымн стратегнямн.

Возннкает еще один вопрос понятийио-термннологического характера: еслн какая-либо тактика определяет в конкретном случае ннтеллектуальиое поведеиие субъекта, то иельзя лн ее, отчасти следуя за теорней нгр, называть стратегней? Ведь собствеино оиа может счнтаться в подобных ситуацнях определяющей психологнческую сущность решення. Еслн бы речь шла только о частных случаях, то действительно можно было бы (впрочем, несколько вопрекн прнвычному употреблению термнна «стратегня») тактнку называть стратегней. Но в целом стратегнческое н тактнческое интеллектуальное поведеиие разлнчно. Стратегнн, характернзующне общне иителлектуальные свойства конструктора, говорят о тенденцнях мышлення при построенни снстем в целом, стратегии во многом (и это будет показано дальше) личиостны; тактики по преимуществу снтуатнвны, прнгодны для разрешення локальных, блочных задач. Тактнкн — это частные прнемы конструирования. Однн н те же тактнкн употребляют разные конструкторы в самых разнообразных снтуацнях, в то время как определенные стратегии свойственны именно конкретиому конструктору, больше коррелнруются с его способностямн, направленностью лнчностн в целом.

Итак, по нашему мненню, овладенне стратегнями и тактнкамн конструнровання составляет одну из основ овладення профессией, повышения творческой активностн, мастерства. Прн этом важно, чтобы такого рода овладение сочеталось с иаклонностями, способностями лнчности.

Глава III

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ СТИЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОНСТРУКТОРОВ

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИЧНОСТИ КОНСТРУКТОРА

Советская психологнческая наука рассматривает лнчность как одну нз основиых категорнй, а лнчностный подход является однhм из прннцнпов пснхологнн, который реалнзуется через «нндnвндуальиый подход к человеку как к лнчностн с понnманнем ее как

отражающей системы, определяющей все другие психические явления» [30].

Хотя единого определения личности нет, исследователи склонны выделять в структуре личности следующие основные компоненты: активность, сознательность, отношение к окружающему миру, труду, другим людям; в этом смысле важно положение человека как личности в обществе. Л. И. Анциферова отмечает: «Личность— это способ бытия человека в обществе, в конкретно-исторических условиях, это индивидуальная форма существования и развития социальных связей и отношений. Человек может участвовать в обществе только в качестве личности. В этом качестве он всегда сам, самостоятельно прокладывает свой уникальный индивидуальный путь в пространственно-временном континууме своей эпохи, и значимость его определяется тем, насколько обширной сфере этого континуума он сообщит свое индивидуально-личностное «движение» [17].

Придерживаясь такого взгляда на личность и ее роль в общественной и трудовой жизни, а также ориентируясь на ту структуру личности, которую примерно в одном плане разрабатывали Г. С. Костюк и С. Л. Рубинштейн, мы попытаемся хотя бы в общих чертах рассмотреть основные черты личности современного инженера-конструктора.

Изучение личности современного инженера вообще, и конструктора в частности, не может, разумеется, быть оторванным от учета тех условий и того времени, которое характеризует нашу действительность, нашу страну, нашу эпоху. Социально-экономический строй СССР, сложившиеся социально-общественные отношения в значительной степени предопределяют формирование личности советского инженера, который работает в коллективе равноправных членов на предприятиях, принадлежащих обществу, в условиях борьбы за выполнение общесоюзных и местных планов, социалистического соревнования. Все это влияет на мотивацию, уровень сознательности, отношение инженера к своей деятельности.

В современных условиях чрезвычайно возросли требования к интеллектуальной и эмоционально-волевой сфере человека. Инженеру приходится принимать многочисленные и важные решения в экстремальных условиях (ограниченность времени, избыточность или недостаточность информации и др.). Без особого преувеличения можно сказать, что современный инженер (особенно высшего ранга — главный конструктор, главный инженер, ведущий конструктор, генеральный конструктор и т. д.) подобен полководцу на поле битвы и ему необходимо адекватно условиям «поля битвы» распоряжаться информацией и людьми. Жизненная практика показывает, что эта сложная работа, сопряженная с большой ответственностью, эмоционально-волевым и интеллектуальным напряжением, требует мобилизации всех человеческих ресурсов.

Личность современного советского конструктора может быть охарактеризована прежде всего высоким уровнем сознательности,

которая развивается и формируется в условиях коллективной деятельности, развития всего советского общества. Понимание задач коллектива, а также общесоюзных задач — важный фактор сознательного, требовательного отношения к собственному труду, к труду своих коллег. Критичность и самокритичность, умение поступиться при необходимости собственными интересами, самоотверженность, наконец, чувство долга и патриотизма — вот некоторые из основных качеств личности советского инженера. Разумеется, коллективная деятельность конструкторов имеет и свою профессиональную специфику, определяется конкретным характером труда, его содержанием и т. д., однако высшие духовные и нравственные признаки конструктора связаны именно с широтой его гражданского мировоззрения, постоянным (пусть косвенным) участием в жизни всей страны. Именно поэтому современный конструктор, разрабатывающий, скажем, сложную систему промышленного назначения, сам, по своей инициативе, включит в число основных факторов, подлежащих учету, фактор возможной вредности системы для окружения, для работников, предусмотрит защитные и фильтрующие устройства и т. д.; именно поэтому современный конструктор обязательно думает о качестве проектируемого объекта, изделия, о его функциональной надежности, долговечности, удобстве в эксплуатации, наконец, эстетической ценности, ибо помнит о том, что любое изделие, сколь специальным и второстепенным оно бы ни было по своему назначению, играет определенную роль в нормальной работе людей, в формировании их вкуса. Поэтому социальное, общественное играет важную роль в возникновении мотивов трудовой деятельности. Сознание необходимости приносить пользу обществу, выполнять свою работу наилучшим образом, достигнуть успеха в работе, которая получила бы высокую оценку, общественное признание — такого рода мотивы во многом определяют личностную структуру конструктора. Достаточно сослаться на всемирно известные имена изобретателей и конструкторов К. Э. Циолковского, А. Н. Туполева, А. С. Яковлева, С. П. Королева, О. К. Антонова, которые своим творческим трудом способствовали развитию отечественного самолетостроения, развитию космонавтики. Каждый из этих людей может быть охарактеризован высоким сознанием, ответственностью перед Отечеством, своим профессиональным самосовершенствованием.

Большую роль в качественном развитии личности как профессионального работника играют также интересы. Без постоянного интереса к конкретной профессии невозможно представить хорошего работника. Как правило, конструкторы посредственного уровня деятельности отличаются отсутствием интереса к своей профессии, к технике вообще. Конструктор в анкете писал: «По-настоящему с техникой столкнулся уже после школы, во время службы в армии. До этого не приходилось выполнять даже простейших работ по ремонту, скажем, радиоприемника или будильника. А в армии я осознал, что радиоэлектроника — великое дело.

Стал учиться по учебникам, читать специальную литературу. После армии пошел на завод и заочно учился на радиоинженерном факультете... Никогда не думал, что буду конструктором и что буду связан с миром техники». В целом позднее пробуждение интересов к конструкторской деятельности связано чаще всего с тем, что во многих средних школах и даже в некоторых высших учебных технических заведениях профессия конструктора практически не фигурирует среди профессий, которые становятся хорошо знакомыми учащимся. Поэтому профессиональными конструкторами инженеры довольно часто фактически становятся, лишь придя по назначению в конструкторский отдел, конструкторское бюро и начиная постижение азов этой профессии. До сих пор не изданы не только учебники, но даже учебные пособия по основам конструирования, где излагались бы все современные аспекты такого вида деятельности. Это одна из причин того, что среди конструкторов мы встречаем много таких, которые стали ими случайно, не по призванию, интересам и способностям. Это также одна из причин того, что многие задачи в наших экспериментальных сериях решались конструкторами некачественно или не решались вовсе.

Среди потребностей, которые наиболее часто встречаются у опрошенных, мы видим потребность создавать новые конструкции, приносить пользу обществу, потребность в самоутверждении, в материальном благосостоянии и др. Из этих потребностей вытекают и мотивы деятельности конструкторов (качественно решить задачу, достигнуть успеха в соревновании, подтвердить репутацию хорошего конструктора и т. д.). Приходится констатировать, что число тех, кто стремится создать оригинальную конструкцию, построить новую машину, прибор, которые приносили бы большой эффект, сравнительно невелико. Это скорее всего следует объяснить тем обстоятельством, что во многих организациях, КБ большинство конструкторов занято нетворческим трудом, выполняет по сути компилятивную работу, дублирует уже разработанные другими конструкции и принципы. Кроме того, тут свою роль играет и то, что в конструирование приходит, как было сказано, много случайных людей, не имеющих соответствующих способностей, работающих без интереса.

Профессиональные конструкторы, добивающиеся успехов в творческой деятельности, характеризуются наличием развитого интереса к технике, к конструированию и изобретательству, для них важным является достижение конечного результата (успешного решения), позволяющее подтвердить свою компетенцию, выполнить профессиональный долг, принести пользу обществу, народному хозяйству, улучшить свое материальное положение.

Что касается связи возрастных особенностей и успешности в творческой деятельности, то в общем наилучшие показатели оказались у конструкторов в возрасте от 30 до 45 лет.

Вместе с тем исследования показали, что основами конструирования сравнительно легко овладевают старшеклассники (16—17 лет) и студенты младших курсов. Они в целом успешно справля-

лись с задачами, которые решали профессиональные работники, уступая им главным образом в техническом оформлении решений, в рациональности создаваемых конструкций и т. п. Испытуемые проявили высокий уровень творческого мышления.

Решающую роль в успешном решении конструкторских задач играет опыт непосредственной конструкторской деятельности, затем опыт производственной деятельности, специальное обучение решению конструкторских задач и общетехническое образование.

Нами получены данные, носящие противоречивый характер. Начнем с общей статистики. В конструкторских бюро работает от 30—40 до 60—70 % женщин, т. е. фактнчески можно говорить о количественном равенстве представителей обоих полов среди конструкторов. Но среди ведущих и главных конструкторов процент женщин ниже (по нашим данным, около 5—8 %).

В то же время интеллектуальные показатели при решении конструкторских задач у женщин не ниже, чем у мужчин, а по некоторым параметрам (аналитическая скрупулезность, интуитивность и др.) порой даже выше, что позволило говорить о примерном равенстве способностей к конструированию у мужчин и у женщин. Почему же столь низок процент ведущих и главных конструкторов среди женщин? Можно предположить, что одна из причин заключается в некоторых эмоционально-волевых особенностях и различиях. В частности, как считают сами конструкторы и того и другого пола, женщины часто менее решительны при принятии производственных решений, более уступчивы в интеллектуальных спорах, более снисходительны в вопросах руководства.

По нашим данным, испытуемые разного пола одинаково успешно решают конструкторские задачи. Данные бесед и анкет подтвердили наши результаты.

Важным является вопрос о специальной учебной подготовке конструкторов. Для овладения техническим конструированием важно изучение таких предметов, как физика, черчение, математика (в средней школе), начертательная геометрия, детали машин, теория механизмов и машин, сопротивление материалов, теоретическая механика (в высшей школе). Без знания основ этих предметов конструктор не может полноценно работать.

Большинство наших испытуемых (от 80 до 95 % и более) имели высшее образование (мы имеем здесь в виду профессиональных конструкторов). Как правило, это были специалисты по машиностроению, технологии металлов, станкам, электронике, радиотехнике, реже по теплоэнергетике, горному делу и др. (хотя, разумеется, это зависит от специализации КБ). Здесь можно отметить, что сами конструкторы свое профессиональное становление в целом ряде случаев связывают не с высшей школой. На вопрос анкет и бесед о том, что дала им высшая школа для овладения конструированием, они отвечают подобным образом: «Курсовые проекты, дипломная работа, конечно, давали какую-то возможность овладевать проектированием, но у нас они носили в основном нетворческий характер. Мне для подготовки к конструирова-

инию больше всего дало техническое черчение, которое мы проходили еще на первом курсе» (конструктор В. В., стаж работы 15 лет). Или даже более категорично: «В институте нас никто не учил конструировать. Больше учили вести расчеты, а это ведь не главное. Может это и преувеличение, но переход от института к самостоятельной работе я почувствовал как резкий перепад. Не знаю, может это чувство ответственности, которого не было в институте, или что-то другое. Два года я ходил в конструкторском отделе в самых обыкновенных учениках, хотя и имел на руках диплом инженера» (конструктор С. Л., стаж работы 17 лет). Есть, конечно, и другие утверждения, например, конструктор П. Р. отмечал: «Без института нечего идти в конструкторское бюро, разве что чертежником. Требуется знание современной техники, выработка методов понимания механизмов, их анализа, а это дает институт». Ясно, что по ряду причин сами конструкторы часто в большей или меньшей степени занижают роль институтской подготовки для овладения профессией конструктора. Эти причины связаны с тем, что в институте специалистов больше всего ориентируют в двух направлениях: для работы непосредственно на производстве (в цехах) или для работы в лабораторных условиях (научно-исследовательского характера). Но характер и объем институтских знаний таков, что они в основном являются необходимыми для последующего постижения конструкторской профессии. Особенно это четко проступает в тех случаях, когда роль высшего образования анализируют конструкторы, получившие такое образование заочно, после практической работы и т. п., а также и те, кто не получил высшего образования. Конструктор А. Н., который до института проработал, сменив три специальности, на производстве 12 лет и лишь затем (после института) стал конструктором, например, отмечает: «Все мои представления о механизмах до получения специального образования были какими-то разрозненными, разбросанными. Я не имел никакого представления о классификации механизмов (то, которое получил в школе, давно улетучилось, если оно вообще было), о стандартизации, о принципах построения машин и т. д. И лишь высшее образование дало мне все это. Я как бы получил в руки вспомогательный инструмент, который помогал приступать к работе. Любой новый механизм, который нужно было создавать, я сразу же относил к той или иной категории, сразу искал общие принципы его устройства с другими механизмами...»

Многие конструкторы особенно ценят знания, полученные во время работы за станком, у пультов и др. При прочих равных условиях лучшими оказываются разработки конструкторов, имеющих производственный опыт. Такой опыт обогащает их конкретными знаниями элементов, блоков, узлов, систем в целом, дает представление о характере технологической обработки материалов и т. д., о характере сборки механизмов, их эксплуатации.

Очень важную роль в успешной деятельности конструктора играет его личный опыт работы по созданию технических устройств,

т. е. в качестве конструктора. Это положение тривиальное, но важно теоретически и практически. Исследования показывают, что для того чтобы стать конструктором наивысшего уровня, необходимо проработать конструктором в среднем 10—15 лет после окончания института, но имеются индивидуальные отклонения от этого срока (главным образом в сторону его уменьшения). При этом важно работать в направлении создания самых разнообразных механизмов. При четкой систематической специализации конструктор, как правило, становится хорошим работником узкого профиля через 4—5 лет.

Таковы в общих чертах составляющие личности конструктора, носящие общепсихологический характер. Перейдем к некоторым специальным качествам личности. Здесь следует в первую очередь назвать способности конструктора, поскольку именно они определяют профессиональные качества, профессиональный уровень работника. Проблема способностей актуальна и мало разработана. Не решены вопросы о врожденности и развитии способностей, о соотношении общих и специальных способностей, о структуре способностей, наконец, о психологической сущности способностей.

В. М. Теплов определял способности, как «индивидуально-психологические особенности, отличающие одного человека от другого», причем к способностям относил только те индивидуальные особенности, «которые имеют отношение к успешности выполнения какой-либо деятельности, от которых зависит возможность осуществления и степень успешности какой-либо деятельности или многих деятельностей». Они «не сводятся к наличным навыкам, умениям, или знаниям, но ...могут объяснить легкость и быстроту приобретения этих знаний и навыков» [40]. А. Н. Леонтьев обращал внимание на то, что специфические человеческие способности «складываются в процессе овладения индивидом миром технических предметов и явлений» [20].

Г. С. Костюк рассматривает способности как стойкие особенности человека, которые выявляются в его учебной, производственной или другой деятельности и представляют собой необходимое условие успеха этой деятельности. А. Г. Ковалев и В. Н. Мясищев также выделяют связь способностей с человеческим трудом: «... проявление в результате труда дарования является основой нашего понимания одаренности. Мерой одаренности является труд, дающий новое или открывающий возможности более легкого достижения того, что делалось раньше с большей затратой времени и энергии» [18]. Авторы особенно развивают тезис о количественно-качественных показателях труда, как о ведущем признаке способностей.

Каковы основные способности, характеризующие деятельность конструктора? Прежде всего это способность к структурно-функциональным и элементно-систёмным преобразованиям соответствующих объектов. Она проявляется в соотносительной деятельности с последующими совмещениями и разъединениями частей механизмов, когда субъект производит в форме пространственных

(а нередко и плоскостных) зрительных образов разнообразные манипуляции с элементами, а также малыми и большими подсистемами деталей и узлов; конечной целью такой деятельности является создание технического объекта с требуемой функцией.

С этой способностью тесно связана способность к перекодированию зрительных пространственных образов в условные графические изображения (проекции) и, наоборот, условных двухмерных изображений — в объемные зрительные образы. Речь идет о пространственных представлениях, о пространственном изображении, без чего работа конструктора невозможна. Эта способность развивается в процессе овладения курсами начертательной геометрии и технического черчения, а еще раньше, в средней школе, при овладении соответствующими разделами геометрии, когда вырабатываются умения к конкретному перекодированию.

Продуктивное оперирование образами возможно при наличии способностей к разноплановому комбинированию частями и системами в целом, функциями и отдельными признаками технических деталей и блоков. Эту способность мы выделяем из способностей к структурно-функциональным и элементно-системным преобразованиям, как ее частный случай, с одной стороны, а с другой—как ведущую способность в мышлении, предрасполагающую к комбинированию частями в разном плане.

Способность к комбинированию во многом зависит от способности мыслить по аналогии и контрасту, когда решающий находит сходные и противоположные признаки в структуре и функциях разнообразных механизмов. Эта способность вытекает из общей способности производить сравнения во многом сходных объектов, а также объектов, очень разных по внешним и внутренним свойствам, и находить при этом аналогии или извлекать конструктивную пользу из различий. Такого рода способности составляют основу процесса конструирования.

2. ИЗУЧЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ САМОРЕГУЛЯЦИИ КОНСТРУКТОРОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Субъективное переживание успешности и неуспешности решения, переживания, связанные с необходимостью принимать решения в условиях недостаточной или избыточной информации являются постоянными индикациями процесса решения конструкторской задачи.

Деятельность конструктора в реальных условиях часто связана с необходимостью оперативного принятия решения в условиях ограниченного времени, с необходимостью перестраивать свои действия из-за значительных и порой неожиданных изменений в исходном техническом задании и т. д. Нами сделана попытка промоделировать в лабораторных условиях некоторые особенности именно такого экстремального характера и выяснить их влияние на протекание решения задачи в целом, а также на специфику

умственной деятельности испытуемых. Интеллектуальное поведение испытуемых во многом зависело от эмоционально-волевого реагирования на изменения условий решения.

Были проведены три специальных исследования.

В первом исследовании для решения задачи — изучить влияние временных ограничений на процесс решения конструкторской задачи — испытуемых разделили на три группы: 1) инженеры-конструкторы со стажем работы 11—12 лет; 2) студенты технического вуза IV курса (механический факультет); 3) учащиеся 10-го класса средней школы. Каждая группа состояла из 30 человек.

На основании предварительных данных предполагалось, что временные ограничения, вводимые перед началом решения, будут существенно влиять на успешность решения задач в целом и на конкретные умственные действия испытуемых; мы предполагали также, что снизится число творческих решений, больше будет проявляться тенденция к поискам сравнительно простых и технически близких аналогов. При этом мы считали, что временные ограничения будут меньше влиять на деятельность профессиональных конструкторов.

Каждый испытуемый решал три задачи по каждой из трех инструкций. В первой инструкции не оговаривалось время на решение задачи; согласно второй инструкции время ограничивалось, но при этом в среднем времени было немного больше, чем нужно на решение конкретной задачи, по третьей инструкции время ограничивалось, его было несколько меньше среднего времени, необходимого на решение задачи. Среднее время на решение каждой из задач определялось на сходных контингентах испытуемых в других исследованиях. Таким образом, ограничения времени вводились лишь в третьей инструкции. Прием ограничения времени условно назвали методом временных ограничений (МВО).

В зависимости от общей реакции на временные ограничения испытуемых можно разделить на шесть основных групп: I — испытуемые, не проявившие заметной реакции на временные ограничения (все задачи они решали примерно в одном темпе); II — активизирующие свою деятельность при временных ограничениях и при этом решающие задачи несколько быстрее, чем без временных ограничений; III — замедляющие деятельность при временных ограничениях; IV — ускоряющие деятельность, но задач не решавшие (не успевали); V — активизирующие деятельность на первых этапах, но затем замедлявшие ее и решения не достигавшие; VI — вскоре после начала решения отказавшиеся от дальнейших действий.

В среднем внутри каждой из экспериментальных групп распределение испытуемых по их реакции на МВО примерно одинаково (лишь в группе V инженеры больше отличались от школьников). В целом наиболее многочисленную группу составили представители V реакции на МВО, несколько меньше представителей группы VI реакции на МВО. Затем идут испытуемые, активизирующие деятельность вначале, но затем прекращавшие ее (группа IV), и

испытуемые, замедлявшие деятельность и достигавшие успеха (группа III).

Интерес представляет, в частности, парадоксальный эффект в деятельности отдельных испытуемых, вызванный временны́ми ограничениями (это были главным образом представители группы II реакции на МВО). Он заключался в том, что испытуемые при неограниченном времени решения справлялись с задачами за срок, заметно бо́льший, чем усредненный, и при этом решали задачи не всегда на высоком уровне (имеется в виду техническое качество решений); когда же время решения ограничивалось, эти испытуемые решали задачи за время меньшее, чем условно усредненное, и качественные показатели были у них выше! К таким испытуемым относились инженеры, студенты и школьники. Такое явление мы назвали парадоксом временно́го лимитирования и оно несомненно заслуживает дальнейшего детального изучения. В этом смысле нельзя считать парадоксальным, например, то обстоятельство, что испытуемые, представители групп V и VI и в меньшей степени III, IV, неплохо зарекомендовавшие себя при неограниченном времени, снизили показатели, иногда до «нуля», при введении лимита на срок решения.

Разнообразны данные, касающиеся качественной стороны решения. В этом отношении наша предварительная гипотеза не получила полного подтверждения. Действительно, многие испытуемые, которые понизили показатели по скорости, темпу действий, соответственно сужали и диапазон поиска, больше внимания фиксировали на знакомых им конструкциях (причем эти конструкции даже не всегда можно было рассматривать как аналоговые по отношению к искомым), отказывались от рассмотрения другого варианта, если уже был найден какой-либо вариант.

Но некоторые испытуемые, ускорив свою деятельность, одновременно сохраняли максимальный для себя диапазон творческого поиска, а иногда даже, чему есть косвенное доказательство, и превышали его, т. е. оригинальнее решали задачи при временны́х ограничениях, чем без них; таких испытуемых было немного (по данным этого исследования четыре инженера и по одному представителю от групп студентов и школьников). Наблюдалась еще одна интересная особенность: испытуемые, которые замедляли поиск, тем не менее не «закорачивали» его на простейших аналогиях, а вели его в разнообразных направлениях и проявляли элементы оригинальных исканий вовне (рассуждения вслух). В этом смысле можно говорить, очевидно, об интеллектуальной саморегуляции в такого рода экстремальных условиях как о своего рода компенсаторной деятельности.

В целом, рассматривая функционирование мыслительных стратегий во временны́х ограничениях, можно отметить следующее. От временны́х ограничений наименее зависят стратегии поиска аналогов (наибольшей деформации они подвергаются только в процессе понимания условия задачи). Более уязвимы стратегии комбинированного характера и особенно стратегии реконструкций;

они деформируются во все основные моменты проявления стратегии, и, как правило, при понимании условия и планирования действий испытуемые допускают существенные ошибки, которые не всегда сознаются, а если и сознаются, то часто лишь при попытке эскизного закрепления замысла. Заметно увеличивается число стратегий случайных подстановок, и при этом отмечено, что испытуемые при ограниченном времени меньше увязывали между собой структурные и функциональные параметры механизмов и отдельных элементов и пытались вводить в контекст решения малообоснованные конструкции и их составные части или же наделяли неадекватными функциями определенные механизмы.

Не вдаваясь в подробный анализ структуры процесса решения конструкторской задачи при лимите времени у решающего, можно сказать, что характеризующие этот процесс пики решений, пики концентрации умственной деятельности — понимание задачи, формирование замысла, принятие решения об окончательном выборе варианта решения — остаются главным индикаторами интеллектуальных действий испытуемого, при этом хорошо просматривается тенденция к сворачиванию проверочных действий в каждом из промежутков времени, связанных с этими пиками (в других исследованиях нами предпринимались ограничения времени в отдельные моменты решения), соответственно уменьшалась субъективная уверенность в правильности своих действий во все эти моменты; испытуемым, как правило, труднее было обосновать те или иные шаги в направлении решения.

Во втором исследовании изучались особенности решения конструкторских задач при необходимости быстрого выполнения действий, максимального графического фиксирования мыслительных образов.

В исследовании принимали участие испытуемые такой же квалификации, что и в предыдущем, и также составляли три группы (инженеры, студенты, школьники).

Предполагалось, что при необходимости быстрого фиксирования мыслительных образов испытуемые будут менять свое обычное интеллектуальное поведение (мы ожидали индивидуального реагирования и потому предполагали, что качество процессов решения будет и ухудшаться и улучшаться), возрастет время решения задачи.

Специфику методики составляла инструкция: «Решайте задачу, стараясь сразу же графически фиксировать все, что у вас возникает в сознании в процессе решения, даже если это, как вам кажется, не имеет к решению никакого отношения». В остальном эксперимент проходил так же, как и в других случаях.

В инструкции не было временны́х ограничений или запрещений какого-либо рода, однако подобная инструкция вызывала такое же реагирование, как и при временны́х ограничениях. Испытуемых по их реагированию можно было бы подразделить на шесть групп: I — испытуемые, не менявшие своего поведения при новой инструкции; II — замедлявшие деятельность; III — ускорявшие дея-

тельность; IV — ускорявшие деятельность, но допускавшие из-за этого много ошибок, поэтому время решения у них увеличивалось намного больше, чем у испытуемых группы III (однако эти испытуемые, в отличие от испытуемых группы IV в предыдущем исследовании, задачи решали); V — активизирующие деятельность, но затем не решавшие задач; VI — после некоторых попыток отказавшиеся от дальнейшего решения (они заявляли, что необходимость фиксировать свои образы «мешает им думать», сбивает, тормозит работу мысли).

По мере решения задач наблюдалась адаптация испытуемых к специфике решения. Мало адаптировались только представители групп I и VI.

У половины школьников и студентов применение метода скоростного эскизирования (МСЭ) в общем в той или иной степени увеличивает показатели их активности, а у профессиональных конструкторов несколько уменьшает, что говорит об уменьшении роли графики в деятельности профессиональных конструкторов.

Необходимость графического фиксирования процесса решения конструкторской задачи (вернее, потока мысли, потока решений) вызывает затруднения у профессиональных конструкторов (в большинстве случаев, хотя и имеются исключения) и облегчает работу школьников и студентов (особенно первых, хотя только в случае, если они хорошо владеют графикой).

И, наконец, в третьем исследовании ставилась задача выяснить влияние изменения исходного условия задачи на процесс ее решения, использовался метод внезапных запрещений (МВЗ), изменений, ограничений в выборе технических средств.

Испытуемым трех групп предлагали решить серию задач на проектирование кинематических систем: I — инженеры-конструкторы со стажем деятельности 11—12 лет; II — студенты IV курса механического факультета; III — десятиклассники. Каждая группа состояла из 30 человек.

Мы предполагали, что МВЗ будет одинаково воздействовать на испытуемых трех групп, естественно, мы ожидали, что МВЗ будет способствовать значительной деформации процесса решения, смене стратегий, повторному изучению условия, формированию нового замысла и т. п.

По первоначальной инструкции предлагалось решить задачу без ограничения времени и способов действия. Как известно, для построения кинематической системы используют передачи зубчатые, фрикционные, ременные, цепные и др. Экспериментальные задачи допускали применение любых передач, однако в практике наиболее распространены зубчатые передачи, и испытуемые чаще всего пытались применить именно их. В описываемом эксперименте инструкцию изменяли на разных стадиях решения задачи; этот прием и был назван нами методом внезапного запрещения (МВЗ). В определенный момент (здесь нами рассмотрен только момент начала решения после формирования замысла) испытуемому запрещали использовать для решения задачи зубчатые пе-

редачи (если испытуемый использовал для решения не зубчатую передачу, ему запрещали применять именно ту, которую он наметил). Такое запрещение имело характер своеобразного микрошока и в значительной степени влияло на поведение большой части испытуемых. Следует иметь в виду, что испытуемых подбирали с учетом того, что эти задачи были вполне посильны для них; кроме того, в каждую группу входили одинаково подготовленные испытуемые. МВЗ применяли, начиная с четвертой задачи в серии (серия содержала девять задач).

В зависимости от интеллектуальной реакции на МВЗ испытуемых можно разделить на шесть основных групп: I — испытуемые, не изменившие стратегию решения задачи после воздействия МВЗ; II — временно изменившие стратегию, но затем вновь вернувшиеся к предыдущей и достигшие решения; III — изменившие стратегию решения и достигшие успеха в процессе реализации новой стратегии; IV — менявшие стратегию несколько раз и достигшие решения; V — менявшие стратегию несколько раз, но успеха не достигшие; VI — прекратившие решение задачи после применения МВЗ.

В отличие от испытуемых, проявивших реакции на МВО, здесь наблюдаются существенные диспропорции в распределении испытуемых внутри каждой из экспериментальных групп, а также и между группами. Наиболее подверженными МВЗ оказались школьники и студенты (более 50 % не решало задач после применения МВЗ); профессиональные конструкторы, за небольшим исключением, задачи решали, причем почти 30 % из них не изменили своего интеллектуального поведения при воздействии МВЗ и примерно столько же временно изменили стратегию и возвратились к ней снова. Ввиду такого неравномерного распределения испытуемых внутри экспериментальных групп, общее число испытуемых по каждому из шести типов реакций на МВЗ оказалось сравнительно равномерным (если не считать тех, кто несколько раз менял стратегию и задачи не решил, но здесь представлены только студенты и школьники).

Таким образом, гипотеза о том, что реакция на МВЗ внутри групп будет примерно одинаковой на этом этапе эксперимента, не подтвердилась. Объяснение этому можно найти в том, что профессиональные конструкторы в ходе своей повседневной деятельности вырабатывают своеобразный иммунитет на подобного рода воздействия. Дело в том, что в процессе выполнения технических заданий им часто приходится вносить текущие изменения в разработку проекта в связи с указаниями ведущего конструктора, заказчика и т. п.; особенно это касается творческих, опытных разработок.

Интересно отметить, что у профессиональных конструкторов МВЗ меньше всего влиял на стратегию реконструкций, больше всего на стратегию поиска аналогов, тогда как у студентов и школьников — наоборот. Это связано с тем, что у школьников стратегии умственных действий сформированы слабо, их деятельность носит нередко хаотический характер, более зависит от

конкретно заданных структур и функций, и поэтому внезапное запрещение применять уже выбранные ими конструкции наиболее сильно отражается на их саморегуляции.

Если попытаться оценить влияние МВЗ на творческий процесс решения и его продукты в целом, то можно отметить следующее. МВЗ в большинстве случаев неблагоприятно сказывается на протекании творческого процесса: наступают замедления, отклонения от сложившихся гипотез, испытуемому необходимы дополнительные действия на поиски и предварительную апробацию новых технических систем, подсистем, элементов; среднее время на решение задачи увеличивается; как правило, новый вариант конструкции уступает по технической грамотности, по учету основных конструктивных факторов тем вариантам, которые разрабатывались в спокойных условиях. И все же есть определенные исключения: некоторые испытуемые при воздействии МВЗ находят более оригинальные решения, предлагают большее число вариантов решения без ухудшения конструктивных признаков разрабатываемых систем. Такими испытуемыми были в основном инженеры, но необходимо отметить важный факт: по мере решения задач и применения МВЗ наступала заметная адаптация к его воздействию.

По мере решения задач и адаптации к МВЗ происходит перераспределение испытуемых по их реагированию в смысле изменения стратегий решения: увеличивается число тех, кто не реагирует на МВЗ в заметной степени (школьник и студенты), и тех, кто реагирует на него незначительно. Одновременно отмечено, что качество решений все меньше страдало от МВЗ. Полного игнорирования этого воздействия зарегистрировать не удалось.

Вместе с тем нельзя на основании только этого исследования делать вывод о характере и обязательности адаптации к МВЗ при решении других задач, в других условиях и т. д. Данные, которыми мы располагаем, показывают, что эта адаптация имеет свои пределы, а кроме того, всегда носит индивидуальный характер (так, некоторые испытуемые после применения МВЗ проявили возросшую заинтересованность в решении задачи); совершенно очевидна и связь между сложностью решаемой задачи и реакцией на МВЗ — более сложная техническая задача связана с более выраженной реакцией на МВЗ.

МВЗ был разработан нами первоначально для замедления процесса решения творческой задачи в целях выявления элементов процесса, обычно ускользающих от сознания испытуемого. Сходные методы воздействия на субъекта применяются и применялись в целом ряде исследований, правда на другом материале и с использованием затрудняющих условий несколько другого рода. Так, например, подобные методы воздействия широко применяются в практике дзен-тренинга, который связан с рядом собственно шоковых воздействий, начиная от физических и кончая своеобразными логически неразрешимыми головоломками (коаны), эти методы, по мнению японских психологов, стимулируют творческую

деятельность, способствуют озарению, переживанию истины, более быстрому проникновению в сущность какой-то задачи и т. п. [14, 33].

Рассмотренные качества имеют непосредственную связь с эмоционально-волевой сферой личности, возможностями общей (а не только интеллектуальной) саморегуляции субъекта, они играют важную роль в принятии решений на разных стадиях творческого процесса. Представляется очень важной установленная нами закономерность, связанная с адаптацией субъекта; она показывает значительные возможности человека в повышении эмоционально-волевой надежности при развитии профессионального мастерства.

3. УРОВНИ КОНСТРУКТОРСКОГО МЫШЛЕНИЯ

Изучение конструкторской деятельности на профессиональном уровне, а также изучение этой деятельности на допрофессиональном и непрофессиональном уровнях (студенты технических вузов, школьники) показало, что можно выделить четыре основных уровня конструирования: простейший, репродуктивный, продуктивный и творческий. Каждый из них, в свою очередь, состоит из нескольких разновидностей.

Простейший уровень конструкторского мышления характеризуется ограниченностью конструирования лишь предметно представленными элементами и простыми структурами элементов. Это конструирование заключается в непосредственном соединении данных субъекту частей. Такое конструирование выполняет дошкольник из кубиков, колец, других простейших элементов, школьник, изготовляющий из данных ему частей коробку, скворечник и т. д. Такое конструирование выполняют студент, рабочий и даже конструктор, когда из простых деталей собирают простой механизм.

Простейший уровень конструирования можно разбить на подуровни в зависимости от сложности создаваемого объекта. Можно говорить об элементном построении, когда из двух-трех деталей составляется очень простая конструкция (например, башня из двух кубиков, молоток из двух составляющих). Следующим будет уровень блочного конструирования, когда из нескольких элементов создается узел (вал с шестернями), отдельный блок (стена дома с окном и дверями) и т. д. И высший уровень—построение из элементов и блоков целого, системы (например, домика, машины, паровоза из кубиков, простой модели транзистора и т. п.).

Как видим, такое конструирование характерно для людей разных возрастов и квалификаций.

Репродуктивный уровень конструирования связан с конструированием по макетам и чертежам. Это дублирующее, воспроизводящее конструирование, где используется уже готовый принцип или конструкция без изменений. Это конструирование картинки

из кубиков по другой заданной картинке, это конструирование модели цилиндра из картона по его рисунку, это сборка и разборка механизма по заданному чертежу, изготовление деталей по чертежам, наконец на профессионально-конструкторском (инженерном) уровне — это построение механизма на основе другого механизма (объект копирования задан материально: или в виде макета, или в виде чертежа).

Репродуктивный уровень конструирования можно подразделить на три подуровня: элементный — создание элемента по макету, чертежу (материальное конструирование — вытачивание детали на станке, графическое конструирование — построение детали в эскизе, чертеже, скажем, болта, кольца, зубчатого колеса и т. д.); блочный — создание узла, входящего в состав какого-либо изделия (части мотора, часового механизма, дома и др.); системный — создание целого изделия (редуктора, автомобиля, самолета и т. д.).

В основе репродуктивного конструирования лежит использование конкретного изделия, как правило, без изменений или с простейшими изменениями, не влекущими изменения основных функций общей структурной композиции и др. Это простейшая реализация стратегии поиска аналога.

При репродуктивном конструировании копируемые изделия представлены лишь в простейших случаях, а в общем конструирование осуществляется по их макетам, чертежам, описаниям и т. п. Наиболее типичный случай такого конструирования — выполнение деталировки по общему виду изделия, представленному в чертеже, или же использование для вычерчивания общего вида рисунка другого чертежа и т. д.

Продуктивный уровень конструирования — это создание новых деталей, узлов, устройств, машин на основе уже имеющихся, но с внесением значительных изменений. Продуктивное конструирование связано со структурными и функциональными перекомбинациями, переориентированием. Оно также характерно для разных возрастных уровней, но в основе его — не копирование, не перенос готового, а использование виденного, конкретное приложение известного принципа в новой ситуации или применение новой структуры вместо старой и т. п. Использование студентом в курсовом проекте по деталям машин принципа, который он знает не из теоретического курса, а подмечен им в цехе, — это продуктивное конструирование. Бионическое конструирование, связанное с копированием созданий природы (живых организмов и растений), — это также продуктивное конструирование.

Элементное продуктивное конструирование связано с созданием элемента путем изменения другого элемента, например, конструирование резца с углами, характеризующими оптимальное движение заостренных предметов в воде. Узловое конструирование предполагает изготовление части целого с привнесением новизны, с изменениями, с собиранием этой части из разных элементов.

Продуктивное конструирование основывается на поиске аналогов сравнительно отдаленных, на перекомбинироваиии и реконструкции, ио при этом сколь сильно бы новая конструкция не отличалась от старой, от той, которая послужила ее основой, всегда подразумевается непосредственное знакомство конструктора со старой конструкцией, ее чертежами, макетами, описаниями и т. д.

Наши исследования строились преимущественно на изучении этого уровня конструирования, типичного для конструкторских бюро, где, впрочем, проявляются три иазванных уровня конструирования.

Сравиительио редко встречается уровень творческий. Таким названием подчеркивается наличие действительио высшего уровня в конструировании, уровня, характеризующего изобретательскую деятельность высшего ранга. Этот уровень предполагает создание новой конструкции только за счет воображения, фантазии. Конечно, воображение и фантазия в конструировании обязательно должны иметь точки опоры в реальности, подразумевать какие-то механизмы, их свойства, но все это таким образом преломляется в воображении субъекта, что в итоге получается что-то оригинальное, ранее невстречавшееся. Точно так же и в технике — создание вертолета, подводной лодки и т. д. — это продукты творческого конструирования. Так трактуемое творческое конструируемое можно рассматривать как высшую форму продуктивного конструирования.

Соответствующие три подуровня творческого конструирования связаны с создаиием оригинальных элементов, блоков и систем («летающее крыло», блоки электрониых машин, видеомагнитофоны и т. д.). Кстати, к этому уровню конструироваиия можно отнести и фантастические изобретения типа знаменитого вечного двигателя, такие изобретения не являются копиями или модификациями существующих устройств — они полностью выдуманы, надуманы. Если не принимать во внимание практическую реализацию этих машин, то оии — плод оригинального мышления; иногда это совсем не бесплодие изобретения, а просто изобретения, опережающие время и потому еще не осуществимые технически, поэтому они воспринимаются как курьезы. Здесь уместно вспомнить многие изобретения и идеи К. Э. Циолковского, опережавшие время. Именно поэтому такой уровень конструирования не должен быть в стороие от психологического изучеиия.

Творческий уровень коиструирования характеризуется отчасти теми же стратегиями, что и другие уровни, но при этом они проявляются в своих крайних формах, а кроме того, здесь всегда большую роль играет идея, образ, возникающие в сознании конструктора вследствие более или менее длительной мыслительной деятельности — внешне они иногда возникают случайно или почти случайно, часто связаиы с интуитивиым мышлением, но становятся своего рода навязчивыми идеями, образами; вокруг них концентрируется вся интеллектуальная деятельность, они овладевают сознанием конструктора наподобие страстей. Тут мы уже имеем

дело со сплавом стратегий, сплавом, который всегда является специфической стратегией, очень личностной, индивидуализированной, нетипичной, ситуативной и т. д.

Не следует забывать и ту часть творчества, которая связывается с его произвольностью, легкостью, незаданиостью, игровой стороной. Деятельность профессионального конструктора — решение задач, выполнение технических заданий — все это влияет на процесс коиструирования, сказывается и на продукции. В этом есть элементы отчуждения конструктора от проблемы и от создаваемого устройства. Иначе обстоит дело с изобретателем — он сам находит, как мы уже об этом говорили, проблему, ищет решение, сам же часто старается построить нужную коиструкцию или по крайней мере изготовить ее чертежи, дать описание. Такие проявления могут переплетаться, заданное извне для конструктора может стать полностью его заданием, он может сделать изобретеиие. Здесь важен элемент заинтересованности, увеличения, эмоциональиого иастроя, т. е. личностного участия. Большую роль при этом играют и момеиты субъективиого принятия или иепринятия, целые иерархии субъективных предпочтений, отклоиений и т. д., что мы кратко рассмотрим ниже.

4. РОЛЬ СУБЪЕКТИВНЫХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ В МЫСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОНСТРУКТОРА

Понятие «субъективные предпочтения» довольно точно определяет то отношение субъекта к формам и продуктам решения, с которыми он сталкивается в процессе поиска.

Субъективиые предпочтеиия можио рассматривать в двух планах. Первый касается выбора какого-либо качества, элемента, системы среди других качеств, элементов, систем. Второй план — это собственное отношение конструктора к тем или иным качествам, элементам и системам, отношение, которое часто носит эмоционально-эстетический оттенок, а порой и не поддается расшифровке. Решение конструкторских задач связано с тем и с другим планом. Влияние субъективных предпочтений при решеиии конструкторской (и любой другой) задачи весьма велико, оно сказывается как на течении самого процесса решения, так и иа достижении (или недостижении) конечного успеха.

Что представляет собой субъективное предпочтение по психологической сущности? Под иим следует понимать оценку, которую дает субъект признакам, структурам, объектам в целом. Эта оценка основывается на личностном отношении, на общей структуре личности, ее знаниях и опыте, интеллектуальных и эмоционально-волевых качествах и т. д., вплоть до общей культуры и мировоззрения личности, если говорить о конструкторской деятельности в широком смысле этого слова. Само поиятие субъективные предпочтения говорит о том, что данный субъект предпочитает выбрать что-то определенное и его субъективный выбор не совпадает с объективной оценкой ситуации другими, с обще-

принятой. Мы сталкиваемся с такими предпочтениями на каждом шагу: одним нравятся яркие цвета, другим — неяркие, таково же отношение к формам, зданиям, произведениям искусства, техническим продуктам и т. д. В конечном итоге субъективные предпочтения свидетельствуют об определенном вкусе. Вкусы и составляющие их субъективные предпочтения играют важную роль в профессиональной деятельности человека. Но этот существенный вопрос исследован мало, особенно в плане конструкторской деятельности.

Мы выдвинули гипотезу о том, что субъективные предпочтения в интеллектуальной деятельности конструктора во многом связаны с его психологическими возможностями и привычками, с одной стороны, и с пониманием ситуации, условия задачи, с уровнем знаний, умений, с другой. Исследования подтвердили эту гипотезу, дополнив ее рядом подробностей, которые особенно проявлялись при решении задач в экстремальных условиях (ограничение времени, ограничение выбора, информационная перенасыщенность и др.).

Рассмотрим наиболее важные субъективные предпочтения (СП), выявленные нами, по которым имеется надежный статистический материал.

Прежде всего мы склонны рассматривать СП в их общем (синтетическом) и частном (аналитическом) проявлениях. Синтетическое проявление СП мы связали, в частности, с отношением к решаемой задаче в целом (имеется в виду принятие или непринятие задачи). Вопрос о принятии задачи, кажущийся на первый взгляд простым, имеет много нюансов и психологических подтекстов. В крайних формах принятие и непринятие — это решение и нерешение, которое привязано к моменту ознакомления с условием задачи (т. е. субъект или начинает решать задачу или сразу отказывается от решения). Принятие может быть добровольным и вынужденным, равно как и непринятие. Причины — в мотивации, потребностях, общем состоянии личности, а не только в знании или незнании, интеллектуальной готовности к решению, хотя и они играют большую роль (особенно у школьников, меньше у студентов). В производственных условиях инженер может отказаться от решения задачи по ряду причин, например, если считает, что задача слишком проста для него и с ней может справиться менее квалифицированный специалист (престижная детерминация), или, по его мнению, решение бесперспективно по какому-то параметру.

Таким образом, в зависимости от ситуации, конструкторской квалификации и субъективных возможностей складывается целая система, определяющая принятие и непринятие задачи к решению. В наших экспериментальных исследованиях диапазон отказов (непринятий) был у́же (во всей широте он предстает из данных бесед и других методических приемов). Установлены три группы причин отказа: 1) ссылка на утомление (иногда это был лишь предлог); 2) ссылка на простоту задачи (в основном у инженеров); 3) боязнь не решить задачу, которую мы условно назвали

фобией творчества, или фобией нового (объясняется отсутствием знаний и умений, нерешительностью и т. п., чаще всего у школьников и студентов; имела место и у профессиональных конструкторов).

В принятии или непринятии задачи всегда сказывается личность, субъективность.

Другими видами синтетических СП могут служить различные реагирования на комплексы качеств, предметы в целом. Они проявляются, например, в отношениях к электрическим и механическим устройствам, определенным приборам или видам приборов и т. д. Рассмотреть здесь все обилие различных субъективных предпочтений не представляется возможным, хотя бы потому, что они могут иметь самые неожиданные и очень часто не поддающиеся учету нюансы, которые могут быть непонятны и самому субъекту — их «носителю». Поэтому остановимся лишь на некоторых из них, которые удается выявить в процессе эксперимента, бесед и т. д.

Определенную группу субъективных предпочтений составляют те, которые характеризуют отношение к формам представления условий заданий, к формам представления информации. Мы уже неоднократно подчеркивали, что конструирование можно определить как графические и умственные преобразования, которые основываются на зрительных образах, поэтому от конструктора требуется активное участие именно зрительного анализатора в его работе. Однако не все конструкторы отличаются преобладающей деятельностью зрительной сферы восприятия или даже гармоничностью ее развития с другими сферами (прежде всего, конечно, слуховой). Некоторые отличаются лучшими показателями слуховой сферы, предпочитают получать информацию на слух, в том числе условия задач, консультации и др. (таких немного, но о них забывать не следует, иначе возможны ошибки, недоразумения).

Условия задач предъявляли в нескольких формах, прежде всего в текстовой, графической и комбинированной (иногда задавали на слух). Естественно предположить, что предпочтение будет отдано комбинированной форме условия. Действительно, ее предпочитает большинство, но немало конструкторов (по нашим данным, от 5 до 15 %) предпочитали начинать с текстового условия; другие же — с графического условия (от 7 до 15 %). В первом случае конструктор получает возможность проверить условие своим чертежом, построить свою исходную конструкцию; во втором — задается определенный фундамент устройства, его конфигурация, взаиморасположение частей и т. п. По нашему мнению, и это косвенно подтверждается анализами решений, предпочтение текстового условия свидетельствует о более творческом подходе, такое условие оставляет бóльшую свободу для построения контуров объекта в пространстве; предпочтение графического условия связано с ориентацией на максимальную заданность начальных координат. Есть и более частные причины, связанные со сложив-

шимися СП к формам и их сочетаниям, размерам, пространственному расположению деталей и т. д.

Анализ решений экспериментальных задач, а также повседневной деятельности конструкторов позволил установить ярко выраженные СП к геометрическим формам (одни предпочитают круглые и закругленные формы, другие — углы, тупые, острые или прямые); точно так же существуют СП к сочетанию форм, они необязательно коррелируются с только что приведенными: одни сочетают закругленные и угловатые детали, другие предпочитают сочетание однородных форм. Встречаются СП к размерам деталей, устройств в целом: одни склонны к миниатюризации (помимо тенденции в современной технике), другие — к гиперболизации; были парадоксальные случаи, когда конструкторы не находили оптимального решения из-за лимитов на размеры (в ту или иную сторону). Это только наше предварительное предположение, но оно небезосновательно: специализация конструкторов, связанная с разработкой малых или больших конструкций, по-видимому, коррелируется и с СП к размерам деталей. В некоторых случаях такого рода СП находили особое объяснение: например, состояние зрения конструкторов — близорукие предпочитают конструировать бо́льшие детали, дальнозоркие — меньшие (по крайней мере в эскизах).

СП к функциям деталей и устройств связаны с использованием, скажем, вращательных движений или поступательных с предпочтением последовательных или параллельных передач функций (в механике). Такого рода СП, как и многие другие, имеют часто глубокие и давние причины. Конструкторы рассказывали, что то или иное отношение к техническим устройствам было связано с впечатлениями детства (например, катание на санках, лыжах или езда на автомобиле, пароходе, полет на самолете). Здесь широкий спектр СП, и можно предположить, что иногда специализация конструкторов, а то и сам выбор профессии (например, механика-машиностроителя или электротехника) определяется именно субъективными предпочтениями того или иного рода.

Разного рода СП, проявляющиеся в отношении к структурам и их сочетаниям и часто восходящие к СП к формам, хорошо выявляются в общекомпозиционной деятельности конструктора. Особенно наглядно это выступает в деятельности строителя, архитектора, дизайнера. СП в пространственном расположении деталей и частей может проявляться в стремлении к их группированию или максимально возможной отдаленной расстановке. СП к сочетанию деталей (по размерам, конфигурации, функциям) в значительной степени определяют общую архитектонику создаваемого устройства.

Имеется ряд СП, связанных с цветами (окраской), шумовыми качествами изделий. Цветовые СП особенно важны в деятельности дизайнера, так как продукты художественного конструирования имеют кроме технологического и эстетическое значение. Дизайнер должен учитывать особенности восприятия других людей

(потребителей). Некоторые СП носят психофизиологический характер (шумовые предпочтения и антагонизмы, воспоминания о неприятных ощущениях и многое другое).

Как отмечено, СП могут значительно деформироваться в условиях, затрудняющих решение конструкторской задачи. Многие конструкторы отмечают, что если лимитировано время решения, то они предпочитают выбирать простейшие структуры и функции, реализация которых займет меньше времени. Другие конструкторы и в условиях лимитированного времени склонны использовать те элементы, системы, которые наиболее адекватны условию задачи. Невозможность применить тот или иной механизм, выбра́нный в начале решения (в наших исследованиях это моделировалось внезапным запрещением его использовать), приводит к различным последствиям, вплоть до нерешения задачи. В целом затруднение условий решения безусловно отрицательно сказывается на реализации СП всех категорий, хотя не всегда детерминирует объективно худшее в техническом смысле решение (в ряде случаев использование стандартизованных блоков, узлов оказывается по стечению обстоятельств наиболее соответствующим, но это все же исключение из правила).

Исследования показали, что СП, имеющие чрезвычайно важное значение для понимания интеллектуального поведения субъекта, его деятельности, связаны, как мы говорили, с привычками, сложившимся стилем деятельности. Когда речь идет о решении задач, которые автоматически включаются в диапазон этого стиля деятельности, например, когда решения достигаются использованием аналогов, не наблюдается противоречия между стилем деятельности и решением. Во многих случаях решения сложных творческих задач требуется выйти за пределы сложившегося стиля, расширить его диапазон.

Наряду со сложными причинами, порождающими СП, существует множество простейших. Так, мы уже называли свойства зрения. Часто причиной того или иного СП является простейшее незнание лучшего варианта (детали, свойства и т. д.) или неумение произвести то или иное действие. Во многих случаях истинные причины установить невозможно, так как они неизвестны субъекту и никоим образом не проецируются вовне. При этом не следует забывать и о причинах, обусловленных психофизиологическими качествами восприятия, памяти и т. д., например, одна из них связана с выбором так называемого золотого сечения.

Изучение творческой личности вообще и конструктора, в частности, должно быть обязательно связано с изучением системы его субъективных предпочтений, без понимания которых невозможно достаточно полное понимание личности, ее структуры, ее неповторимости, невозможна разработка стимулирующих воздействий на творческую личность. Так, например, некоторые способы, которыми себя вводили и вводят творческие личности в работу, могут показаться курьезными (из литературы известно, что многие, в том числе и весьма творческие личности, прибегали к самым раз-

нообразным формам стимуляции творчества: один мог работать только в полной тишине, другой только на людях, третьему нужно было погружать ноги в таз с холодной водой и многое другое), но для практики это не курьезы, как не курьезы это для научного исследования.

5. ТИПЫ КОНСТРУКТОРСКОГО УМА

Вопросы типологии имеют чрезвычайно большое значение и в теории психологических исследований, и в производственной практике. Конструкторская деятельность необычайно многообразна, разнотипна, разнопланова. Тенденция к специализации в конструировании будет очевидно, прогрессировать, хотя ей начинает противостоять тенденция к целостному конструированию, проектированию объектов (системотехника). Кроме специализации, связанной в конструировании с самими продуктами конструирования (конструирование станков, мебели, игрушек, нестандартного оборудования и т. д.), внутри каждой такой специализации наблюдается своя специализация по конструированию узлов, блоков или по построению общих видов, деталировке, расчетам и др.

Наши исследования, а также исследования П. М. Якобсона, С. М. Василейского, Т. В. Кудрявцева позволили выделить основные типы конструкторского мышления. Прежде чем дать характеристику каждому из них, выделим общие типы (метатипы), присущие профессиональным работникам разных категорий.

Прежде всего можно выделить творческий и нетворческий типы ума. Первый связан с созданием нового в различных масштабах (новые устройства, их части, элементы). Нетворческий (репродуктивный) ум склонен к копированию, перенесению известных конструкций (структур) и функций в новые условия. Это ум консервативный, инерционный, дублирующий. Техника и наука развиваются благодаря деятельности творческих умов, но нельзя сказать, что репродуктивный ум является негативным, только тормозящим. Конструкторы с таким типом ума хорошо справляются с работой по созданию типовых проектов, по реализации стандартов и нормалей, различных технических условий локального характера. Консервативное мышление — хорошее противоядие против слишком фантастических и нелепых идей, которых в конструкторской практике более чем достаточно. Другими словами, творческий и нетворческий типы ума взаимно дополняют и стимулируют друг друга.

Следует выделить также синтетический и аналитический типы ума. У конструкторов преобладание одного из них характеризует лучшие достижения при построении соответственно целых систем или их узлов, элементов. Ярко выраженная синтетичность более соответствует работе ведущего конструктора, разработчика устройства или системы устройств, а аналитичность — разработкам подсистем, блоков и узлов или просто элементов. В практике распределение конструкторов по выполняемой работе, происходящее

часто с психологической точки зрения стихийно, отражает именно эти особенности ума конструкторов.

И, наконец, следует разделить конструкторов, по-видимому, еще и по признакам проявления их умственной деятельности в смысле ее осознанности, логичности протекания. Здесь возможно деление на две категории: ум рациональный (последовательно-логический) и интуитивный, характеризующийся скачками, догадками. Это деление грубое, так как четко выраженное преобладание творческого ума над нетворческим, синтетического над аналитическим, интуитивного над рациональным встречается гораздо реже, чем комбинированное их сочетание, т. е. больше умов «смешанных». Кроме того, можно предположить, что интуитивная и рациональная категории мышления основаны на одних и тех же психологических механизмах, отличающихся лишь, скажем, скоростью протекания, а также степенью их осознания субъектом. Это также делает до некоторой степени условным, относительным деление на интуитивистов и рационалистов.

Собственно конструкторскими типами являются, по нашим данным, аналогизирующий ум, комбинирующий, реконструирующий и универсальный. К ним мы добавим еще один тип мышления, сущность которого станет ясной из описания этих четырех типов.

Наиболее распространен, по нашим данным, ум аналогизирующий. Главной отличительной чертой такого ума является его направленность на поиски аналогов, установление сходства в механизмах, их признаках, функциях. Нами исследован конструктор, являющийся типичным представителем ума такого типа — его работа связана с использованием для решения новых задач аналогов из предыдущего опыта. Решая экспериментальные задачи по кинематике, он стремился максимально применять аналоги как структурные, так и функциональные. Там, где требовалось установить, например, коническую передачу, он использовал тип передачи, примененный в одной из предыдущих задач, а затем — тип передачи, известной ему из разработки редуктора. Однако реализация таких аналогов, являющихся фактически целиком взятыми структурами с теми же функциями, — лишь частный случай аналогизирования. Последнее имеет широкий диапазон и допускает всевозможные вариации, в частности, модификации конструкций, переносимых в новые условия. Тот же конструктор в одном из решений использовал принцип передачи движения посредством кулачкового механизма, известный ему лишь в общих чертах, структуру же узла он разработал самостоятельно. В беседе он так охарактеризовал свою умственную деятельность: «По-моему, все конструирование связано с преемственностью. Невозможно придумать что-то совершенно не существующее таким образом, чтобы это придуманное можно было использовать в современной технике. Состояние техники связано с целым рядом реальных возможностей. Например, можно изготовлять детали только из определенных материалов, можно достигать только определенного

уровня точности в изготовлении и т. п. Я всегда стараюсь применить механизм или его часть в зависимости от соответствия преобладающей суммы его признаков. И среди этих признаков должны быть прежде всего те, которые действительно наиболее актуальны в новой конструкции... Я ищу подобные механизмы прежде всего из числа тех, которые сам использовал ранее. Затем, если среди них не нахожу, то стараюсь припомнить те, с которыми был знаком теоретически, где-то видел, читал о них. Если и это не помогает, начинаю специальный поиск — консультируюсь, ищу по справочникам, иду в лаборатории, листаю книги, журналы и т. д. Если я не могу найти соответствующий механизм нигде, остается одно — искать сходство в принципах работы, а потом уже приспосабливать структуру, детали...» Таким образом, видим, что аналогизирование идет по таким ступеням: сначала ищут полные соответствия в структурах и функциях, затем, если таковых нет, ищут соответствия в главном, а если нет этого, то ищут сходные принципы (функции) в работе. Есть, разумеется, и отличия от такой схемы поиска аналогов.

Аналогизирование во многом существенно предопределено такими тенденциями в конструировании, как стремление к максимальной унификации, стандартизации. Экономические принципы, технологические факторы производства требуют наибольшего упрощения разработки и изготовления изделий, особенно если речь идет о серийном или крупносерийном производстве продукта. Такая тенденция создает трудности в развитии творческих решений, это один из парадоксов конструкторской повседневности — во многих случаях приходится отказываться от оригинальных, творческих решений из-за того, что они удорожают производство, удлиняют сроки и по другим причинам. Конструкторский ум, который развивается и формируется в практике реального, а не лабораторного конструирования, без сомнения, во многом зависит от этой тенденции, и его направленность на поиски аналогов связана не только с качествами отдельного конструктора. Хотя, с другой стороны, аналогизирование — это простейший путь решения, облегчающий (в разной мере) поиски, надежный в смысле прогноза на успех (техническое соответствие) предлагаемого варианта решения каждой новой задачи.

Комбинирующий ум отличается ярко выраженным стремлением к перестановкам, подстановкам, перемене местами, к увеличению и уменьшению деталей и узлов, использованию в одной и той же конструкции элементов и узлов из нескольких конструкций и т. п. Типичный пример — решение экспериментальной задачи конструктором, который в одном механизме (вариант редуктора) использовал узлы и детали из семи известных ему механизмов. В конструкторской практике положительный эффект достигается иногда даже при простейших перестановках двух элементов (например, при разработке электросхемы, кинематической цепи). Комбинирующий ум направлен на учет разнообразных качеств элементов и их неодинаковых по величине и сложности сочетаний,

причем учет в различных условиях — это «проигрывание» в воображении или на эскизах имеющихся вариантов. Изучая деятельность упомянутого конструктора, мы установили, что склонность к комбинаторике элементов, частей, признаков — основное качество его ума; в большинстве разработок он стремился к максимальному использованию наиболее соответствующих по его мнению частей для построения целого устройства.

В этой связи, как представляется, небезынтересно отметить, что подобного рода направленность может проявляться у будущего конструктора довольно рано (так, из беседы с данным конструктором выяснилось, что он отличался склонностью к построению различного рода комбинаций из имеющихся в наличии частей, еще в школьном возрасте). Если умело поддерживать проявление таких качеств, это безусловно будет способствовать развитию конструктивных способностей. Наш опыт учебной работы с профессиональными конструкторами показывает, что и они могут совершенствовать эти качества в весьма значительной степени, если их деятельность соответствующим образом стимулировать (см. об этом более подробно в заключении).

Любая конструкция, в состав которой входит даже небольшое число элементов (два-три), — это уже комбинация элементов, поэтому комбинирование частями и деталями, их качествами, признаками — естественная для конструирования деятельность, присущая любой конструкторской работе. Когда мы говорим о комбинирующем уме конструктора, мы имеем в виду, что комбинаторное мышление у него доминирует над другим. То же самое можно сказать об аналогизирующем уме и др. Как и человеческие темпераменты практически не встречаются в чистой форме, например не бывает «чистых» сангвиников или «чистых» меланхоликов, так и человеческий ум является системой мыслительных качеств, особенностей, среди которых мы можем выделить преобладающие, доминирующие и по ним давать такому уму определение.

Реконструирующий ум — это ум критический, антагонистический, опозиционный по отношению к уже существующим конструкциям. Он направлен на преобразования, которые связаны даже с заменой структур и функций противоположными или во всяком случае сильно отличающимися от данных. В самой крайней форме это ум негативистский, который вообще отрицает полезность данных конструкций, но если взамен критикуемых не предложены свои конструкции, то его можно характеризовать в таком крайнем проявлении, естественно, как ум не творческий, а скорее консервативный. И вместе с тем носители реконструирующего ума — это наиболее творческие конструкторы, новаторы, изобретатели, проектировщики новых устройств, приборов и машин.

Нашими исследованиями выявлено немного представителей реконструирующего ума. В качестве примера приведем фрагменты беседы с одним из таких конструкторов, стаж работы которого 32 года (из них первые 12 лет он проработал слесарем, рабочим-

станочником, а последующие — конструктором, причем начинал с чертежника-деталировщика и примерно восемь последних лет работал ведущим конструктором).

Вопрос. Вы проработали уже много лет конструктором. Что главное, по Вашему мнению, в работе современного конструктора, если иметь в виду творческую сторону этого вида деятельности?

Ответ. Мой собственный опыт и наблюдения за другими конструкторами способствовали тому, что я составил основные положения, своего рода заповеди для работы. В общем их можно сформулировать следующим образом. 1. Создание новой конструкции требует принципиально нового решения, поскольку возникла в ней потребность. Модификации здесь не в счет — это скорее вспомогательная работа, она должна быть по плечу даже техникам не самой высокой квалификации. 2. В основу новой разработки должен быть положен новый принцип работы. Например, если вы осуществляли в предыдущем механическом устройстве, как мы это с вами обсуждали, вращательное движение для выполнения какой-то определенной цели, то нужно подумать, нет ли возможности заменить его возвратно-поступательным или колебательным. Точно так же может быть принципиально изменен режим работы прибора или источник питания и т. п. 3. Для того чтобы успешно находить новые принципы работы, нужны большие знания и умение мыслить. 4. Для конструктора, работу которого мы с вами будем считать творческой, главное — это разработка общего вида системы, устройства (с учетом разработки принципов деятельности, о которых я говорил), а остальное — разработка большинства узлов, блоков, тем более деталей, — можно поручать новичкам и тем, кто не может работать над общим видом.

Вопрос. Вот Вы сказали, что творческому конструктору для успешной работы нужны большие знания и умение мыслить. Какие знания ему нужны в первую очередь и что вы имеете в виду под умением мыслить?

Ответ. Может быть, Вам это покажется странным, но я считаю, что настоящий конструктор должен стремиться узнать как можно больше. Причем не только технические знания ему нужны (без них ему просто нельзя работать), ему нужно все, что касается науки, природы, быта. Нужно хотя бы просматривать журналы и вести свой реестр интересных проблем, вопросов, способов решения различных задач. Я иногда находил интересные для себя идеи даже в художественной литературе и в газетах. Тут простая зависимость: чем ты больше знаешь, тем у тебя больше шансов успешнее решить задачу, если ты наделен умением мыслить. Мне трудно объяснить, что представляет собой это умение. Просто его может не быть, это как уж распорядится природа.

Вопрос. Вы имеете в виду способности?

Ответ. Да, это способности.

Вопрос. Но ведь и научиться чему-то можно? Ведь Вы сами говорили, что очень многому научились от других и решая задачи, работая. Как Вам лично приходит идея решения? Ваши коллеги считают, что они у Вас возникают «на голом месте», «из ничего», что Вы в считанные минуты можете иногда решить весьма сложную проблему, над которой другие проработали уже несколько часов или даже дней?

Ответ. Отвечу по порядку. Научиться можно многому. Это и есть получение знаний. Но научиться можно только тогда, когда умеешь мыслить... Как я думаю сам? Очень трудно вам сказать. Все происходит само собой: сосредоточишься на проблеме, «роешься в памяти», вспоминаешь, и приходит решение. Но далеко не всегда так бывает. Не знаю, как со стороны кажется, а мне иногда и самому приходится тратить не только часы и дни, но даже недели, пока найдешь что-нибудь стоящее. Ведь думать нужно только тогда, когда ищешь новые решения. Некоторые работают по шаблонам. Это не работа. Точнее — так каждый может, чуть ли не школьник. Нужно искать что-то новое, и если ты находишь, тогда ты конструктор, а не копировальщик...».

В этих фрагментах представлены лишь некоторые стороны деятельности представителя реконструирующего ума, хотя они,

на наш взгляд, хорошо иллюстрируют и особенности его работы лично, и некоторые особенности конструкторской деятельности в целом. Разумеется, мы не можем требовать от него, чтобы он дал точную характеристику мышления конструктора: как это видно, этот конструктор сводит умение мыслить к способностям, что не отвечает психологической теории мышления и способностей. По-видимому, он здесь имеет в виду все же задатки таланта. Но главное заключается в том, что у него имеются ярко выраженные установки на поиск оригинального решения, необычной конструкции. Именно это определяет стиль его деятельности, как в других случаях стиль умственной деятельности, сам тип ума определяли доминирующие установки на поиски аналогов, комбинирование.

Представляется, что стажировка молодых специалистов под руководством таких конструкторов весьма полезна для развития их творческого мышления.

Понимание сущности реконструирующего ума пока еще во многом затруднено. Методически изучить его непросто ввиду редкости, и сложности протекания (быстрота, сложность порождаемых структур и др.). Можно предполагать, что в основе его лежит способность к быстрой оценке технических частей и систем, быстрому сравнению их между собой, а также направленность личности на поиски новых решений, способность проводить самые отдаленные аналогии, осуществлять разнообразные перекомбинации, т. е. в основе этого ума гипертрофированные признаки ума аналогизирующего и комбинирующего.

Универсальный ум конструктора также сочетает перечисленные выше способности, это ум, способный к аналогизированию, комбинированию и реконструированию, но в универсальном уме все эти качества уравновешены, не выделяются и, по нашим данным, универсальный ум — это своего рода усредненный, можно даже сказать посредственный, если сравнивать его с комбинирующим, а тем более с реконструирующим. Конструктор с универсальным умом может хорошо справиться с любой задачей, но оригинальные решения у него не часты, во всяком случае вероятность этого у него такая же как и у конструктора, использующего аналоги.

Например, один такой конструктор — типичный универсалист — долгое время работал ведущим конструктором, потом руководил КБ, а затем стал главным конструктором отдела. Руководил разработкой большого числа разнообразных приборов, систем, устройств, отдельных узлов в сложных механизмах. Работает по четкой схеме: анализ условия технического задания с вычерчиванием контуров будущего устройства; сбор информации по аналоговым устройствам; внесение соответствующих изменений в общий вид новой конструкции на основе переработки аналоговых устройств (перекомбинирование и реконструкция в необходимых пределах). Он рационально использует механизмы, учитывает требования к создаваемой конструкции по технологии изготовления и сборки, используемым материалам и т. д., а также локальные

технические условия. Его разработки всегда утверждались на всех этапах, удовлетворяли заказчиков, ио он ничего ие изобрел.

Универсальность в мышлении конструктора — это разностороиность, преобладание рациональности над склонностью к риску и экспериментированию. Именно поэтому, несмотря на универсальность, обладатели такого ума больше используют стратегию поиска аналогов и комбинаториую стратегию.

В каждом из рассмотренных типов можно в ряде случаев выделять подтипы по их ориентации на структурные или функциональные преобразования, что связано и со специализацией. Так, конструкторы-механики больше выполняют собственно структурных преобразований, а конструкторы-электрики — функциональных, оперируя часто в пределах двухмерной плоскости электросхемы. Поэтому такое подразделение может носить чисто условный и рабочий характер.

К четырем рассмотренным типам конструкторского ума мы считаем нужным добавить пятый, хотя он по своему названию и не должен называться типом ума — мы назвали его бессистемным (а ум, естественно, всегда предполагает прежде всего систему, особую упорядоченность, закономерность). Для представителей этого типа характерна случайность их выбора, они используют стратегию, названную нами стратегией случайных подстановок, которая имеет отношеиие к трем другим стратегиям, являясь в каждом отдельном случае их разновидностью. Конструкторы — «бессистемники» работают без плана, замысел решения у них аморфный и смутный, они нуждаются в стационарном контроле, консультациях. Это, как правило, конструкторы с невысоким профессиоиальиым уровнем, которые справляются лишь со сравнительно несложными работами.

Таким образом, индивидуальный стиль умственной деятельности коиструкторов складывается и функционирует, опираясь на многие качества личности, ее учебный и производственный опыт. Одним из главных показателей наличия такого стиля является именно направленность ума, стабильность в проявлении стратегиальных тенденций на различных уровнях конструкторского мышлеиия и вместе с тем способность гибко примеиять сложившиеся стратегии к решению новых, творческих задач.

Глава IV

КОЛЛЕКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ КОНСТРУКТОРСКИХ ЗАДАЧ И ОСОБЕННОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБЩЕНИЯ КОНСТРУКТОРОВ

По мере социально-экономического развития и усложиеиия решаемых человеком задач, все в большей степени проявляется тенденция к увеличению роли коллективной деятельности, причем воз-

растает как само число работающих коллективов, так и их количественный состав. Понятно, что проблема успешного функционирования рабочих коллективов становится весьма актуальной и ее изучение привлекает возрастающее внимание ученых, в том числе психологов.

В психологической литературе отмечается, в частности, что в трудовой деятельности человека особенно важную роль играет общение между людьми, членами того или иного работающего коллектива. При совместном решении задач это общение, естественно, приобретает принципиально важный для успеха такого решения характер. Все это касается и конструкторских коллективов, ряд аспектов функционирования которых анализируется в этой главе.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОНСТРУКТОРСКИХ ГРУПП И КОЛЛЕКТИВОВ

В изучении коллективной деятельности можно выделить ряд проблем: проблема руководства коллективами, лидерства в коллективах, групповой деятельности (группового решения различных задач), психологического климата в коллективах, коллективного творчества, общения. Мы рассмотрим лишь отдельные вопросы этих проблем на основе изучения общения конструкторов в процессе групповой деятельности.

Необходимо обратить внимание на различие понятий коллектив и группа. Коллектив — это специально организованное объединение людей, занятых выполнением единых задач. Группа же может рассматриваться, как случайное объединение определенного количества, людей, например группа людей, у афиши, группа болельщиков на стадионе, группа случайных попутчиков в транспорте и т. д.; в этом отношении ограничены и временные интересы случайно образовавшейся группы, во всяком случае такого рода группы не заняты трудовой деятельностью. Кроме того, в отличие от таких, только что названных, реальных групп, выделяются также и условные группы, в которые людей включают не по параметрам места и времени, а по каким-то признакам (например, по возрасту, полу, профессии и др.). Вообще же различают группы по их организованности (внутренней и внешней) и неорганизованности. К организованным группам и относятся коллективы (творческий, трудовой, учебный), организации (армейская, производственная), а к неорганизованным — случайно сформировавшаяся группа. Подробнее об этом см. в работе [30].

Мы употребляем понятие группы, подразумевая под группой часть трудового коллектива или специально организованную группу для проведения соответствующего психологического исследования.

Групповая деятельность имеет свою специфику и не может быть сведена к набору индивидуальных деятельностей и решений. Индивидуальное решение задач, индивидуальное творчество тре-

буют от субъекта универсальных качеств — человек, все делает сам: получает задание, разрабатывает план его выполнения, наконец, выполняет, проделывая необходимые для этого действия в одиночку. При групповой деятельности осуществляется распределение функций, или, как принято говорить в психологии, ролей при решении какой-то задачи, распределение материала для разработки и каждый член группы выполняет только определенную часть работы. Это можно проиллюстрировать таким примером. Изобретатель, найдя принцип, идею какого-либо изобретения может также выполнить схему устройства, сделать эскизы и чертежи, изготовить опытный образец изделия. Это индивидуальная деятельность по реализации идеи изобретения. Если же эта идея будет передана для разработки группе конструкторов во главе с ведущим конструкторм, то работа соответствующим образом перераспределяется (например, ведущий конструктор выполняет общий вид устройства, несколько инженеров разрабатывают отдельные блоки устройства, а несколько техников и чертежников выполняют деталировку и т. п.) и задача проектирования выполняется коллективно.

Нас интересует, в чем же состоит специфика коллективного решения, поскольку при совместном решении задачи, большую роль играет фактор коммуникации, общения между членами группы. Этот фактор привносит в процесс решения задачи коррективы, по-своему деформирует его; процесс решения одной и той же задачи одним человеком и группой отличается, иногда очень сильно.

Изучая соответствующие коллективы КБ, мы предполагали, что конструкторские коллективы подразделяются на рабочие группы, создаваемые для длительного и кратковременного совместного проектирования. Использовали наблюдения, беседы, анкеты, изучали продукты деятельности. Беседы проводили с конструкторами разных рангов, начиная от начальников отделов и бюро и кончая техниками, чертежниками, специалистами, сотрудничающими с конструкторами (от лабораторий, цехов и т. д.).

Известно, что при заводах, научно-исследовательских институтах, а также вполне самостоятельно существуют конструкторские отделы (КО), конструкторские бюро (КБ) и специальные конструкторские бюро (СКБ), количество сотрудников в которых колеблется в широких пределах.

В зависимости от задания разработкой проекта может быть занято разное число работников: от одного человека до нескольких КБ.

Исключив простейшие и сложнейшие задания из сферы изучения, мы установили, что при разработке обычных заданий в большинстве КО и КБ конструкторские коллективы подразделяют на стационарные, полустационарные и временные рабочие группы. Состав стационарных групп по мере перехода от задания к заданию не меняется или меняется не более чем на 10—15 %; состав полустационарных групп меняется в пределах 15—50 %; состав

временных групп обновляется всякий раз после выполнения очередного задания более чем на 50 % (до 100 %, т. е. группа полностью обновляется).

Количественный состав этих групп колеблется от 3 до 20 человек и более. На количественный состав группы влияют как объективные факторы производства (специализация, объем и сложность задания, опыт выполнения определенных работ и др.), так и случайные (болезнь, отпуск, временная незанятость работника в основной группе и т. д.).

По нашим данным, стационарные группы составляют 15—30 % общего числа групп, полустационарные — 40—70 %, временные — 15—30 %.

Наиболее распространены группы в составе четырех—шести и семи — десяти человек. Состав конкретной группы зависит от следующих обстоятельств: прикреплены (или не прикреплены) к ней чертежники, копировальщики; какова квалификация членов групп (образование, опыт работы, рабочий стаж и т. п.); насколько успешна предыдущая работа.

Типичный состав группы: руководитель группы (он же ведущий конструктор), два-три инженера (среди них может быть один-два старших инженера), три-четыре техника, при группе могут быть один-два копировальщика и один два деталировщика, если группа полностью автономна, чаще всего это стационарные группы, работающие при лабораториях, цехах.

Возможны и другие составы групп: 1) руководитель группы, три инженера, техник; 2) руководитель группы, четыре техника; 3) руководитель группы, один инженер, два техника.

Длительное изучение конструкторских коллективов показало, что наиболее успешно функционируют стационарные группы, наименее — временные. Был проведен небольшой эксперимент: одни и те же задачи были предложены для решения в одинаковых условиях девяти группам конструкторов (по три группы каждого вида). Результаты эксперимента приведены в таблице.

Группа испытуемых	Решалось задач	Решено задач	Среднее время решения, мин	Среднее число вариантов
Стационарная	3	3	6,7	3,4
Полустационарная	3	3	8,5	2,4
Временная	3	2	14,1	0,9

Успехи стационарных групп очевидны (по количественному составу группы были равны, в каждой по шесть человек).

Психологические исследования показали, что количественный состав группы непосредственно влияет на успешность решения задач. Мы говорим именно о количественном составе, так как подразумеваем одинаковую подготовку испытуемых (инженеров, студентов, школьников).

Конечно, вопрос о количестве людей в группе для решения каждой конкретной задачи не однозначен, поскольку зависит не только от состава группы, но еще и от самой решаемой задачи: никому не придет в голову поручать группе из 10 человек решать задачу по расчету зубчатого зацепления на двух валах, а в то же время этой же группе будет не под силу разработать полный проект, скажем, нового завода (если только в эту группу не входит целый ряд специалистов-универсалов с выдающимися способностями, но мы-то везде говорим об обычной, «усредненной» группе).

Нами был проведен простой эксперимент, состоящий из нескольких этапов. На первом этапе группам испытуемых задавались одни и те же задачи на проектирование кинематических систем. В группы входило по два, три, четыре и так далее до 15 человек. Нас интересовало, за какое время каждая из групп будет решать свою задачу. Задачи были разделены по сложности на три серии: сравнительно простые, средней трудности и весьма сложные.

Перед началом решения испытуемым давали инструкцию, в которой каждую вновь предлагаемую задачу предлагалось решить без дополнительных условий и ограничений.

Об успешности решения мы судили по времени решения и его качеству (учет различных технических факторов, число вариантов решения).

При решении простых задач лучшее время показали группы из двух человек; по мере роста группы это время увеличивалось, так что группа из 15 человек решала задачи с наихудшими показателями. При решении задач средней трудности временной показатель оставался примерно одинаковым во всех группах от двух до восьми человек, а затем постепенно возрастал. При решении самых сложных задач наилучшие показатели — в группах из четырех—восьми человек, а наихудшие — в группах из 12—15 человек и из двух-трех человек.

Такие эксперименты, проведенные с инженерами (профессиональными конструкторами), студентами и старшеклассниками, дали сходные результаты. Со сложными задачами лучше справляются группы из четырех—восьми человек, с простыми — из двух—четырех человек (мы здесь не касаемся качества решения, а говорим только о временны́х показателях). Кстати, перепады времени решения весьма существенны, например группа из шести человек решила сложную задачу за 37 мин, а группа из 12 человек потратила на эту задачу 1 ч 19 мин, т. е. в 2 раза больше!

При рассмотрении качества решения одних и тех же задач теми же группами выявлены следующие показатели: наиболее рациональными оказывались варианты, разработанные группами из пяти — семи человек; в этих же группах допускалось меньше ошибок, просчетов, хотя общее число вариантов решения было почти одинаково велико и в группах из большого числа людей.

Важны и еще два показателя — показатель непосредственного

участия каждого из решающих в самом решении и показатель времени, затрачиваемого на обсуждение различных вопросов и на выполнение тех или иных действий. Начиная с групп из восьми-девяти человек, показатели непосредственного участия очень отличаются; у некоторых из участников решения они доходят практически до нуля. Соответственно в больших группах заметно возрастает время на обсуждение различных вопросов, оно значительно больше времени на исполнение.

Большие различия между группами наблюдаются по времени принятия решений в конкретных ситуациях. Как правило, эти решения в стационарных группах принимаются быстрее, а обсуждение носит более целенаправленный характер, во временных группах высказывание мнений, их обсуждение часто превращается в слишком длительный хаотический спор, нередко приводящий группу в тупик — задача может не решаться вообще или же решиться не лучшим образом из-за того, что в основу решения была положена не самая лучшая идея, на которой смог настоять самый энергичный представитель группы. Особенно большие трудности в функционировании временных групп наблюдаются при решении первой задачи, когда идет распределение ролей. Экспериментальные группы были двух типов: управляемые и контролируемые экспериментатором, и группы, предоставленные сами себе (за ними только вели наблюдения). Неруководимые группы (особенно из школьников) имели самые худшие показатели по всем параметрам решения.

На основании проведенных нами исследований, а также работ других авторов можно сделать вывод, что в производственных условиях наиболее успешно функционируют конструкторские группы из пяти — восьми человек, имеющих опыт совместной деятельности. Такая группа оптимально проявляет себя при решении задач средней сложности. Однако количественный состав группы зависит от сложности решаемой задачи.

2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧИХ РОЛЕЙ В КОНСТРУКТОРСКОЙ ГРУППЕ

Распределение рабочих ролей, связанное со знаниями и опытом работников, всегда корректируется и личностными качествами каждого субъекта, входящего в группу. Эти коррективы могут носить как прогрессивный, так и регрессивный характер.

Поскольку помимо формального статуса — должности, наличия того или иного образования, диплома — в реальных условиях всегда проявляются неформальные качества работника (сознательность, качества ума, эмоциональность, дисциплинированность, ответственность, уровень притязаний, отношение к коллегам и многое другое), то в коллективах можно наблюдать сложную картину переплетения формальных и неформальных качеств каждого из его членов, что в конечном итоге и определяет успешность работы коллектива, его психологический климат.

Распределение рабочих ролей в группе возможно тремя путями: формальное распределение руководством, стихийное — в процессе работы и целенаправленное — с учетом возможностей каждого субъекта. В практике работы наблюдается комбинация этих путей — сначала группа формируется формально, затем по мере работы и знакомства испытуемых друг с другом она переорганизовывается; научное целенаправленное формирование групп пока еще редко.

Рассмотрим на примере вновь созданной группы конструкторов, в которую входит семь человек, формальное и неформальное распределение ролей в процессе разработки проекта.

Формально роли были распределены следующим образом: ведущий конструктор разрабатывает общий вид устройства, три инженера — три основных узла устройства, три техника — деталировку этих узлов. Конечный продукт каждого из работников — готовые рабочие чертежи соответствующих частей схемы.

Рассмотрим варианты возможного распределения ролей при разработке проекта.

Вариант первый (идеальный) — формальные роли совпали с неформальными полностью, все конструкторы оказались на месте, каждый справился со своей работой, все были удовлетворены своими непосредственными функциями, не было претензий к коллегам, группу в процессе разработки не отвлекали другими работами.

Вариант второй (бесконфликтное перераспределение ролей) может иметь несколько подвариантов: а) ознакомившись с заданием и выяснив предшествующий опыт каждого из членов группы, ведущий конструктор предлагает одному из техников оказать ему помощь в разработке общего вида устройства; б) в процессе работы фактическим ведущим становится один из инженеров; в) кто-то переключается на другую работу или отсутствует по болезни и его работу выполняет другой (или другие); г) кто-то не справляется со своей работой и его заменяет другой и т. д. Во всех этих случаях перераспределение ролей не вызывает возражений.

Вариант третий (конфликтное перераспределение ролей) — также может иметь множество комбинаций. Вот некоторые из них: а) руководству кажется, что группа не справляется с заданием, и оно вносит изменения в распределение ролей; б) компетентность ведущего конструктора ставится под сомнение одним из членов группы (или всеми членами); в) работника не удовлетворяет выделенная ему работа (слишком трудна для него или, наоборот, проста) и он требует ее изменения; г) вся группа (или некоторые ее члены) отвлекаются другими работами, что увеличивает общую рабочую нагрузку, в связи с чем между членами группы возникает тенденция к перераспределению ролей и т. д. Во всех подобных случаях имеется в виду конфликтность при перераспределении ролей, но группа в целом сохраняется и выполняет рабочее задание.

Вариант четвертый (конфликтный) — группа не может приступить к выполнению задания из-за практической невозможности распределить рабочие роли. Группа распадается, и руководство вынуждено ее расформировать.

Каковы психологические причины такого рода реальных конфликтов?

Из наиболее важных можно назвать: 1) формальное несоответствие и некомпетентность членов группы; 2) психологическая несовместимость и расстройство психологического климата в коллективе; 3) неадекватное руководство группой, как единым целым.

Хотя в первом виде названных причин речь идет о формальном несоответствии и некомпетентности, они имеют значительный психологический резонанс. Назначение в группу инженеров ведущим конструктором техника может вызвать резко отрицательную реакцию, независимо от того, обладает ли он соответствующими знаниями и опытом или нет. В данном случае формальное представление о престиже может сыграть решающую роль, как и в том случае, когда инженеру будет предложено заниматься деталировкой, с которой может справиться чертежник. В этом отношении нам кажется правильной практика некоторых организаций, в которых выпускников высших учебных заведений с дипломами инженеров «пропускают» через такого рода формальную иерархию должностей: техник первой категории, старший техник, инженер третьей категории и т. д. по мере успешного выполнения конкретной работы. Такого рода процесс психологически более гибок, чем противоположный, когда молодого инженера сначала назначают инженером, а через некоторое время понижают в должности как несправившегося; последствия этого могут быть очень серьезными для самого работника и для коллектива, в котором он трудился.

Некомпетентность специалиста, как и формальное несоответствие, может вызвать отрицательную реакцию членов коллектива; особенно остро она переживается, если речь идет о руководителе. Ведущий конструктор, который не только не помогает ведомым, но практически сам все время обращается к ним за консультацией, утрачивает авторитет, как руководитель группы, группа деформируется, и, если в ней не выделяется настоящий лидер, практически принимающий на себя функции руководителя, деятельность группы как единого рабочего коллектива прекращается, в лучшем случае группа может «вытянуть» данную задачу, но выполнить следующие серьезные задания она не способна.

В качестве иллюстрации рассмотрим конкретные примеры распределения ролей.

Предполагалось, что: 1) рабочие функции распределены ведущим конструктором в соответствии с производственными качествами исполнителей; 2) распределение функций зависит от количественного состава группы и объема предстоящей работы (нагрузка распределяется равномерно и увеличивается тем больше,

чем меньше состав работающих, причем самые сложные части работы выполняют ведущий конструктор и старшие инженеры; 3) распределение рабочих функций при получении нового задания наиболее успешно в стационарных группах и наиболее сложно—во временных.

Для изучения распределения рабочих функций применяли наблюдения, анкеты, беседы, периодические опросы (при начале решения, в процессе решения, после окончания решения) в группах конструкторов, которые принимали участие в предыдущих экспериментах.

Основные вопросы, задаваемые испытуемым, касались конкретно выполняемой работы, удовлетворенности своими функциями, адекватности их и т. п.

При проведении исследования практиковалось назначение руководителя группы во временных группах и иногда в полустационарных (это делали главный инженер, начальник КБ или КО по согласованию с экспериментатором), в стационарных группах руководители сохранялись.

Можно выделить два основных вида распределения рабочих ролей в конструкторских коллективах: 1) формальный, осуществляемый руководством и самим руководителем группы; 2) неформальный, осуществляемый коллективом (группой) или отдельными его представителями в процессе выполнения работы.

Рабочие роли в изучаемых конструкторских группах следующие: руководитель группы (ведущий конструктор), старший инженер — заместитель ведущего, выполняет работу более простую или нередко равную по сложности с ведущим, при необходимости исполняет его функции; инженер — разработчик части задания (узла, блока, особо важной детали и т. п.); техник — здесь диапазон широк: от выполнения работы, равной работе инженера (техники могут подразделяться на разные категории), и до работы деталировщика; деталировщик выполняет работу по вычерчиванию деталей на основании заданий, даваемых ему вышестоящими работниками, включая техников. Как правило, у всех инженеров высшее специальное образование, у техников — среднее специальное, у деталировщиков—незаконченное высшее, среднее специальное (чаще) или средняя школа. Имеются исключения. Конкретный состав рабочей группы различен: например, старший инженер, два инженера, три техника, два деталировщика (группа из семи человек) или инженер и шесть техников и др.

Рассмотрим вопрос об адекватности распределения рабочих ролей в разных рабочих группах, учитывая собственное мнение каждого исполнителя и мнение ведущего конструктора.

Выяснено, что наиболее адекватно рабочие функции распределены в стационарных группах. Наблюдаются также следующие закономерности: процент неадекватности распределения функций возрастает по мере увеличения числа исполнителей в группе; мнение о своих функциях самого исполнителя и об этих же функциях

у ведущего конструктора чаще не совпадает также по мере увеличения числа исполнителей.

Так как при распределении ролей допускаются ошибки, часто не учитываются привходящие факторы (например, истинный объем и сложность выполняемого задания), а также то, что каждый исполнитель помимо формальных функций имеет ряд неформальных проявлений своей личности в коллективе, возникали разного рода затруднения при распределении ролей, особенно в начале деятельности. Как выше уже отмечалось, нами было выделено четыре основных варианта, характеризующих это обстоятельство. Конечно, в практике «идеальные» варианты встречаются, по меньшей мере в «чистом» виде, не очень часто; особенно, если создается новая группа или если в группу приходят новые работники. Кроме того, в процессе деятельности и взаимного «приживания» возможны различные фазы установления отношений между работниками.

Для работы стационарных групп характерно проявление первых двух вариантов, для полустационарных — второго и третьего варианта, временных — второго, третьего и четвертого.

Из опросов и анкет стало ясно, что можно выделить три основные группы причин конфликтов при распределении и перераспределении ролей в группах (см. с. 110). Нами выделены только причины, связанные с собственно психологическими проблемами, но есть причины и другого рода, например условия работы (помещение, освещение, температура, случайные помехи и т. д.). Эти группы причин распределились между разными типами конструкторских групп следующим образом: 1) стационарные группы — 8 %, полустационарные — 24 %, временные — 46 %; 2) стационарные группы—69 %, полустационарные—43 %, временные—12 %; 3) стационарные группы — 15 %, полустационарные группы — 23 %, временные группы — 31 %; другие причины: стационарные группы — 8 %, полустационарные группы — 10 %, временные группы — 11 %. Таким образом, во временных группах конфликты чаще всего возникают в связи с несоответствием и некомпетентностью членов группы, в полустационарных — в связи с психологической несовместимостью и другими психологическими нарушениями климата, а также (хотя и заметно меньше) в связи с неадекватностью руководства; в стационарных группах основная причина конфликтов связана с психологическими аспектами межличностных отношений.

Представляет интерес зависимость между усложнением решаемой задачи и возрастанием конфликтности в группах. Конфликтность возрастала при усложнении задач, и эта тенденция наиболее ярко проявилась во временных группах и гораздо менее в стационарных, что нетрудно понять, учитывая общий характер взаимоотношений в тех и других группах.

Совместная деятельность конструкторов в разных группах связана с распределением рабочих функций, которое не всегда бывает удачным, если осуществляется только по формальным

признакам, или по несущественным для коллективной деятельности признакам (например, учитывается только уровень специального образования); в связи с этим в процессе деятельности возникает тенденция к перераспределению рабочих ролей, которая может характеризоваться бесконфликтностью или различной степенью конфликтности. Наиболее подвержены конфликтности временные группы (76 % конфликтов от общего числа конфликтов), но в полустационарных и стационарных группах также наблюдается проявление конфликтности при перераспределении ролей, хотя там причинами конфликтов становятся в первую очередь другие факторы (в стационарных группах это чаще факторы сложившегося психологического климата). Конфликтность часто возрастает по мере увеличения числа работников в группе и по мере усложнения решаемой задачи.

3. ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБЩЕНИЕ В ПРОЦЕССЕ КОЛЛЕКТИВНОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Отмечено, что процессы индивидуального и группового решения задачи отличаются. Если при индивидуальном решении весь поток решения регулирует один решающий, то при групповом регуляцию осуществляет в основном руководитель группы, а от других членов группы требуется четкое объяснение своих действий, предположений и намерений. Такая необходимость коммуникации порождает бо́льшую вербализацию действий, заставляет исполнителей строже и понятнее для других оформлять свои замыслы и эскизы.

Рассмотрим пример конкретного решения творческой задачи группой конструкторов в составе семи человек: ведущего конструктора, двух старших инженеров, двух инженеров и двух техников. Типичной может быть следующая картина решения.

Ведущий конструктор самостоятельно изучает полученное задание, затем приглашает для его обсуждения старших инженеров. Они совместно уточняют задание, разрабатывают общую схему решения, распределяют предварительную работу между всеми исполнителями. Ведущий конструктор может выполнять функции единоличного автора решения, в этом случае старшие инженеры — лишь консультанты или своего рода оценщики первоначального проекта. Может быть и так: принимается предложение старшего инженера или же вносятся существенные коррективы, предложенные старшими инженерами и т. д. В дальнейшем задание выполняется путем «опускания его по иерархической лестнице» исполнителей, т. е. каждый из старших инженеров ставит в известность «ведомого» инженера, а последний — техника. Такая схема группового решения условно названа вертикальной.

Горизонтальная схема решения имеет другую картину. Ведущий конструктор обсуждает задание группой, синтезирует результаты обсуждений на первом этапе и на всех последующих. При

горизонтальной схеме все члены группы общаются друг с другом непосредственно, а не через посредников, как при вертикальной.

В практике наиболее распространена комбинированная (клеточная) схема группового решения, сочетающая вертикальную и горизонтальную структуры общения в процессе решения.

Исследование показало, что вертикальные схемы наиболее характерны для временных групп, горизонтальные — для стационарных, а комбинированные — для полустационарных.

Характерно и распределение рабочих ролей для каждой из названных схем. При вертикальной схеме решения работа распределяется ведущим конструктором (руководителем группы) и каждый отвечает за свой участок. При горизонтальной схеме работа выполняется максимально коллективно на всех этапах, начиная от обсуждения условия задачи и кончая проверкой разработанного решения; здесь каждый исполнитель выступает в роли соавтора всех действий, хотя и имеет коллективно утвержденный свой участок.

Структура стационарных групп часто связана со специализацией отдельных работников. Изучение коллективов проектировщиков показало, что распространены такие варианты распределения ролей в группах: 1) разработчики проекта в целом, разработчики узлов, технологи, экономисты, проверщики, деталировщики; 2) гипотетисты, искатели, стандартировщики, воплотители.

Не останавливаясь подробно на всех вопросах коллективного творчества конструкторов, рассмотрим здесь, какую важную роль играет выработка гипотезы решения, коллективное формирование проекта, замысла. Руководителем группы учитываются все ее сильные и слабые стороны в создании идеи проекта. Так, в одних группах исполнителям первоначально предоставляется полная свобода в выработке проекта конструкции; в других группах вначале предлагается определенный вариант решения, известный, например, из предшествующих разработок; в некоторых же случаях руководителю предстоит самому разработать основу проекта и лишь отдельные его элементы он может доверить другим работникам. Все это связано с конкретными возможностями исполнителей, с их специальными способностями, с творческим потенциалом, с психологическим климатом в группе и распределением рабочих и неформальных ролей, о чем мы говорили выше. Искусство руководства группой в первую очередь заключается именно в режиссуре, управлении ролями, распределением работы, в умении предотвращать конфликты, зарождающиеся часто именно на начальных этапах решения.

В качестве примера проанализируем деятельность конструкторского отдела проектно-исследовательского института. Отдел состоит из КБ конструкторов-механиков и КБ конструкторов-электриков. Во главе отдела заведующий, его заместитель — главный конструктор отдела, каждым КБ руководит начальник. В составе КБ несколько рабочих групп. Типичная структура рабочей группы такова: ведущий конструктор, один — четыре исполнителя с

квалификацией инженеров, два — восемь исполнителей с квалификацией техников и чертежников. Общая схема руководства может быть представлена в виде следующей цепи: начальник отдела — главный конструктор — начальник КБ — ведущий конструктор — инженер — техник — чертежник. В обычных условиях наиболее связанно функционируют главным образом последние четыре звена этой цепи, а остальные выполняют функции в основном общего контроля и консультативные, а также осуществляют формальное управление. Таким образом, в конструкторском отделе по отношению к непосредственному исполнителю реализуются два типа руководства: непосредственное (его осуществляет, в частности, ведущий конструктор) и опосредованное (его осуществляет по отношению, например, к чертежнику ведущий конструктор и все вышестоящие конструкторы). Удельный вес непосредственного руководства повышается на всех участках иерархической цепи в зависимости от сложности, важности и сроков выполнения задания.

Руководство рабочей группой в процессе решения задачи включает: составление общего плана работы группы, предварительное и окончательное распределение функций между исполнителями, общую разработку механизма (общий вид, основные расчеты и т. д.), помощь исполнителям и контроль на всех стадиях работы. Выделены также следующие типы руководства рабочими группами со стороны ведущих конструкторов: по времени — постоянное руководство (ведущий следит за всеми этапами выполнения) и эпизодическое руководство (ведущий контролирует деятельность исполнителей время от времени); по характеру обмена рабочей информацией — схематическое руководство (ведущий разрабатывает общую схему механизма, конкретные узлы и детали разрабатывают другие исполнители), детальное руководство (ведущий дает конкретные указания по выполнению сборочных и деталировочных чертежей), комбинированное руководство, характерное для процесса деятельности, в котором разработка механизма идет по пути корректирования общего вида в зависимости от текущей разработки узлов и деталей.

Рассмотрим конкретные данные, касающиеся общего характера протекания процесса коллективного решения и особенностей профессионального общения конструкторов.

Предполагалось, что общая структура процесса решения конструкторской задачи при коллективной деятельности будет в основном такой же, что и при индивидуальном решении, со всеми основными компонентами, присущими индивидуальному решению (понимание условия, формирование замысла, апробация замысла, эскизное решение и т. д.). Одновременно предполагалось, что коллективное решение будет характеризоваться большей хаотичностью в поисковых действиях при возрастании количественного состава конкретной группы. Особое значение в принятии коллективных решений должно иметь взаимопонимание между членами группы (идентичная оценка ситуации, структур и функций).

В отношении общей схемы процесса решения установлено, что решение может осуществляться:

1) автономно — в отдельности каждым членом группы с последующим интегрированием решений;

2) полуавтономно—каждым членом группы с постоянными консультациями с другими членами группы, включая ведущего конструктора, и последующим интегрированием данных;

3) директивно — решение разрабатывает ведущий конструктор, а затем передает его, как руководство для детализации отдельными исполнителями;

4) централизованно — общую схему решения разрабатывает ведущий конструктор, а последующее решение выполняют все члены группы (в одиночку и по несколько человек совместно, но при постоянном контакте с ведущим конструктором и другими членами группы);

5) совместно — в решении постоянно участвуют одновременно все члены группы (в одно время, в одном помещении, при возможности контактов каждого члена группы с любым другим членом группы).

В зависимости от типа решения каждый отдельный процесс будет иметь ту или иную, но часто отличающуюся одна от другой структуру, со значительными деформациями по отношению к обычной схеме структуры.

Установлены следующие зависимости между типом процесса коллективного решения и типом конструкторской группы, ее количественным составом, сложностью решаемой задачи: для стационарных групп характерны все виды вариантов в примерно одинаковом соотношении, в полустационарных группах картина более пестрая, а во временных проглядывает тенденция к преобладанию автономных и директивных решений.

В группах всех видов по мере увеличения числа членов начинают преобладать автономные и централизованные типы решений.

По мере усложнения задачи значительно возрастает тенденция к проявлению автономных решений.

Мы назвали автономный тип решения горизонтальным, директивный — вертикальным, полуавтономный и централизованный — диагональным или клеточным.

В зависимости от типа решения значительно деформированной выглядит конкретная структура процесса коллективного решения. Граф-моделирование картины протекания процесса, которое носило несколько упрощенный характер из-за невозможности во всех случаях регистрировать все элементы процесса, позволило, например, установить, что последовательность действий подвергается наименьшей деформации при централизованном решении. При автономном и полуавтономном решении более всего деформируется стадия реализации стратегии; при директивном — стадия понимания и формирования замысла; при совместном решении — все стадии (особенно при увеличении числа членов группы). При этом следует отметить, что деформация может быть настолько сущест-

венной, что мы имеем фактически дело в ряде случаев со значительным переплетением всех стадий, в которое к тому же как правило, включается ряд догадок.

Действительно, роль понимания рабочей информации в процессе коллективного решения становится особенно важной. Мы условно выделили пять уровней надежности представления рабочей информации: 1) готовое устройство — самый надежный; 2) модель, чертеж — надежный; 3) эскиз — достаточно надежный; 4) письменное словесное описание — средней надежности; 5) устное словесное описание — мало надежный. В каждом уровне надежности есть подуровни; например, чертеж может быть полным, неполным, трехпроекционным, однопроекционным и т. д., и все это определяет надежиость заключенной в нем иинформации.

Проведено небольшое исследование, направленное иа выявление связи между числом допускаемых ошибок и характером (кодом) обмена информацией между исполнителями. Выше уже были приведены данные, касающиеся особениостей восприятия условия задачи в различных формах (текстовой, графической, комбиинированной).

В этом эксперименте использована следующая методика. Испытуемым предлагали в процессе совместного решения обмеиниваться ииформацией на пяти указанных уровнях (при каждом отдельиом решении задачи разрешалось использовать только один уровень, иапример, только передачу информации с помощью устного словесиого описания, или только с помощью эскизов). Получениые данные показали, что иатуральное представление информации — самый надежиый гараит ее адекватного восприятия и интерпретации, но этот вид кода может быть использован в ограниченных пределах, особенно если иметь в виду КО и КБ, работающие без производственной или экспериментальной базы. Впрочем, чертеж и эскиз достаточио надежны и главное гораздо универсальнее.

В зависимости от взаимопоиимания, характера взаимоотношений между членами группы деформируется и сам процесс решения — измеияется время решеиия, его качество.

Процесс совместного решения конструкторской задачи зависит по своей структуре от выбранной стратегии, числа исполиителей, сложности задачи, уровня взаимопоиимаиия между исполнителями, который, в свою очередь, зависит от характера обменного кода ииформацией, квалификации исполиителей. Наименьшей деформации процесс решения подвергается при обмене графической информацией в группах из пяти-шести человек при централизованном решении задач средней сложности. Наибольшей деформации процесс решеиия подвергается при обмеие словесиой ииформацией в группах более 10 человек. Существенна роль руководства группой исполнителей по организации и поддержаиию профессионального общения между работниками в коллективе.

В целом можно выделить несколько уровней профессионального общения между коиструкторами в процессе совместиой деятель-

ности, которые связаны с характером решений, рассмотренным выше. Прежде всего общение можно разделить на два вида: хаотическое и организованное. Первый вид особенно присущ временным группам, менее — полустационарным, кроме того, он связан с особенностями руководства, как, впрочем, и организованное общение, которое мы подразделили на следующие подвиды:

1) общение на конечном этапе решения, когда исполнители вначале автономно (не общаясь) решают каждый свою задачу, а потом, интегрируя данные, проводят обсуждение;

2) эпизодическое общение — каждый исполнитель консультируется с коллегами от случая к случаю, по мере необходимости;

3) общение в начале разработки и в конце — ведущий конструктор дает директивные указания (разработки), затем исполнители самостоятельно разрабатывают свои задачи и интегрируют данные, как в первом случае;

4) централизованное общение — в процессе деятельности каждый исполнитель консультируется только с ведущим конструктором, но не общается с коллегами;

5) постоянное общение — задача от начала до конца решается совместно, при систематическом общении всех членов группы.

Само собой разумеется, характер общения будет предопределяться как самой решаемой задачей (ее сложностью, объемом, степенью новизны и др.), так и конкретным составом решающей задачу группы (количество людей в группе, уровень их квалификации, конкретная готовность к решению данной задачи и др.). Нередки случаи, когда профессиональное общение переходит в формы, которые не способствуют улучшению деятельности, и тогда руководитель должен ограничивать общение между исполнителями, если оно вносит помехи в процесс совместного решения, например, когда кто-то настаивает на ранее отвергнутом решении.

Проблема коллективной творческой деятельности достаточно сложна и многопланова. Мы лишь в общих чертах остановились на некоторых ее особенностях. Однако из сказанного становится ясно, что оптимизация профессионального общения, психологического климата, решение вопросов, связанных с возникновением конфликтов — все это важные резервы повышения производительности конструкторского труда, а также творческой активности каждого инженера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе осуществлен психологический анализ конструкторской деятельности. На современном этапе развития народного хозяйства уже недостаточно использовать приемы и методы, выработанные на протяжении длительного времени в проектно-конструкторской и изобретательской деятельности. Подготовка и

переподготовка современного инженера, в том числе и конструктора, должна осуществляться с учетом данных многих наук и в первую очередь психологии, поскольку именно в психике каждого отдельного работника таятся многочисленные резервы, которые могут способствовать подъему производительности труда, творческому решению многих задач, стоящих перед промышленностью, сельским хозяйством, энергетикой, народным хозяйством в целом. Конкретное использование психологических данных в повседневной конструкторской практике будет способствовать улучшению производственных процессов, оптимизации индивидуальной и коллективной работы инженеров и в конечном итоге созданию новых машин и механизмов, необходимых во всех сферах человеческого труда, быта и отдыха. Попробуем обосновать это последнее положение, подведя общие итоги сказанному ранее.

Конструкторской деятельностью, чрезвычайно значимой для развития народного хозяйства, занято большое число работников. Вместе с тем она недостаточно изучена психологами. Вплоть до настоящего времени не осуществлено именно системное изучение деятельности современного профессионального конструктора, а поэтому пока еще не разработана целостная психологическая теория динамики процесса конструирования, которая была бы связана одновременно с изучением личности конструктора, с учетом факторов как индивидуальной, так и коллективной деятельности. Отсутствие такой теории является серьезным препятствием на пути к развертыванию специальных прикладных исследований, к внедрению в повседневную практику данных психологической науки. Именно поэтому главной целью нашего исследования явилась, пусть в первоначальном виде, попытка разработки психологической теории процесса конструирования в системном аспекте, с учетом как индивидуального, так и коллективного фактора в профессиональной деятельности.

Для достижения указанной цели необходимо было решить конкретные задачи, а именно: 1) дать общую психологическую характеристику конструкторской деятельности в системе технического творчества; 2) разработать конкретный системный подход к изучению конструкторской деятельности; 3) изучить психологическую структуру процесса конструирования, ее организацию, регуляцию и иерархию принятия решений; 4) изучить роль факторов индивидуальной и коллективной деятельности в конструировании.

Проведенные нами исследования конструкторской деятельности являются, конечно, лишь этапом в тех исследованиях, которые, как мы надеемся, будут осуществлены в ближайшее время. Оценивая проделанную работу достаточно скромно, хотели бы, вместе с тем, отметить, что она была связана со значительными трудностями, поскольку является фактически первым исследованием, специально направленным на изучение прежде всего профессионального уровня технического конструирования. Мы стремились изучить профессиональную конструкторскую деятельность, ориентируясь как на современные тенденции в самой этой деятельности

(с одной стороны, развитие творческих подходов к созданию новых технических устройств, а с другой — универсализация, модулизация, миниатюризация, дизайн и эргономика), так и на ее комплексное и системное изучение, получающее в психологической науке все большее развитие.

Анализируя различные виды технического творчества — изобретательство, проектирование, конструирование, рационализацию, дизайн, конструктивно-техническую деятельность, — мы выделяем специфику собственно конструкторской деятельности, которая связана прежде всего с созданием чертежей технического устройства, что во многом определяет ее психологическую сущность. Чертеж, как продукт труда, становится главным связующим звеном между собственно конструкторской деятельностью (создание образа будущего устройства) и исполнительской деятельностью, направленной на материальное изготовление запрограммированных в чертежах элементов, деталей, узлов, технических устройств в целом.

Мы рассматриваем конструкторскую деятельность (КД) как процесс построения графического проекта того или иного технического устройства, который осуществляется в результате преобразования исходного материала (технические условия) посредством умственно-графических интерпретаций и профессионального общения с коллегами. Здесь совершенно естествен вопрос о структуре деятельности. И нами предпринята попытка рабочего определения структуры конструкторской деятельности и выделения иерархии единиц (составляющих) этой деятельности. Это оказалось возможным благодаря реализации подхода, который условно можно назвать системно-стратегическим.

Стратегический подход связан с попытками описать целостные проявления деятельности. Согласно нашей психологической концепции, конструкторская деятельность может быть описана с помощью пяти наиболее характерных стратегий. Их мы прилагаем к деятельности в целом. Стратегия при этом характеризует и сами действия, и личность конструктора, как профессионального работника, она приложима к решению систем задач или чередующихся систем задач. Тактика — действие по решению каждой отдельной задачи или ее фрагмента. У нас это обозначает разработку отдельного узла, блока в структуре технического устройства. Действие — построение отдельной детали (элемента) или соединения деталей, не имеющего самостоятельного значения в функционировании устройства (т. е. меньшего по масштабу, чем узел, блок). Конечной, проецируемой вовне единицей конструкторской деятельности мы считаем граф-отдельную линию, отражающую лишь одну деталь или один признак детали. Интериоризированным эквивалентом графа является соответствующее действие, осуществляемое в умственном плане.

Таким образом, стратегия, тактика, действие и граф составляют структурно-формальный аппарат описания конструкторской деятельности.

В процессах решения различных задач можно выделить нечто общее, например основные стадии — изучение условия, построеиие плана решения, реализация плана и т. д. Мы склонны выделять ие стадии, а основные наиболее важные циклы в решеииях. Эти циклы связаны с достижением понимания условия задачи, включения ее в систему имеющихся знаний (так называемое эталонирование, т. е. соотнесение нового условия с соответствующими эталонами, имеющими отношение к миру техники, конструкциям и их свойствам). Следующим является цикл построения проекта — предварительного макета искомой конструкции. Это цикл, определяющий решение в целом, это графический эксперимент, проверка проекта средствами графики (и не просто средствами графики, а соответствующими стандартизованными правилами изображения технических деталей и блоков). Это цикл экспериментального эскизирования, позволяющий конструктору принять окончательное решение о соответствии (или несоответствии) задумаиного раиее проекта. Таким образом, процесс конструкторской деятельности составляет три основных цикла: эталонирование, проектирование, эскизирование. В их результате мы имеем понимание, проект устройства, предрешение (графически закрепленное, свидетельствующее о его объективных параметрах). Эти циклы не разделены между собой, а, наоборот, переходят один в другой, переплетаются. Решение представляет собой своего рода контрапункт понятий, образов, он тем сложнее, чем более сложна решаемая задача и чем богаче умственный опыт конструктора, его фантазия, воображение.

Принципиальное отличие такой интерпретации процесса конструкторской деятельности заключается в том, что мы представляем этот процесс как сложное контрапунктическое переплетение циклов поиимания, проектироваиия и графического экспериыента. В этом процессе нет и не может быть жесткой последовательности графов, операций, действий с точки зрения формальной логики. Протекание процесса решения определяется характером доминирующих образов, их субъективной зиачимостью, числом и соотнесением между собой.

Таким образом, мы виделяем три цикла, которые, соединяясь единой осью проекта (замысла, гипотезы), дают решение задачи. Каждую из сложных задач можно рассматривать как своего рода модель системы задач. Именно поэтому мы можем говорить о макростратегиях, приложимых к конструкторской деятельности в целом, и микростратегиях, приложимых к решению одной задачи. В структуре каждого отдельного решения мы выделяем циклы: понимания технического условия, формирования предварительного проекта устройства, построения графического проекта устройства. Стратегия представляет собой подготовительные, планирующие и реализующие тактики, действия и графы, которые позволяют достичь определенного результата.

И, наконец, процесс творческой деятельности осуществляется вследствие соответствующего регулирования посредством образа

технического устройства. Эта регуляция потока и характеризуется принятием субъектом соответствующих решений. Иерархия этих решений достаточно сложна, она включает, по-видимому, и уровень неосознанный. Ее узловыми точками являются моменты понимания технического условия, субъективного «утверждения» предварительного проекта, оценки в принципе осуществленного проекта, причем не обязательно на уровне вычерчивания по правилам ГОСТа. В большинстве случаев принятие решения об адекватности или неадекватности проекта исходным требованиям осуществляется в процессе эскизной проверки предварительного проекта. И здесь весьма значительную роль может играть, в частности, способность конструктора достаточно правильно предвидеть, какой будет в металле та или иная конструкция, как будет функционировать в реальных условиях проектируемое устройство.

Мы рассмотрели более подробно психологическую структуру конструкторской деятельности, но как изобретательская, так и проектировочная в широком смысле деятельность, что отчасти показано выше, имеет с первой структурой много общего. Творческий процесс вместе с тем всегда уникален, так как отражает уникальность личности.

Опираясь, в частности, на данные по зарождению, формированию и реализации мыслительных стратегий построения технических устройств, мы показываем, что профессиональное мышление конструктора является сложным психическим образованием, зависящим от ряда высших функций психики, и одновременно характеризуется конкретностью, содержательной спецификой (ср. с данными исследования Т. В. Кудрявцева по техническому мышлению [19]). Системное рассмотрение умственной деятельности конструкторов потребовало специального исследования как логических и сознательных, так и интуитивных, не всегда осознаваемых составляющих. В работе предпринята попытка осуществления первичной классификации интуитивных компонентов умственной деятельности конструктора, сформулирована гипотеза относительно механизма интуитивного мышления. Согласно этой гипотезе неосознаваемое конструирование осуществляется, опираясь на те же основные тенденции, связанные со сравнением, комбинированием, которые характеризуют и сознательное конструирование.

Исследование процесса творческой деятельности неотрывно от изучения личности решающего, его индивидуальных особенностей. Хотя эта часть работы подчинена главной задаче — исследованию процесса деятельности, полученные нами данные относительно уровней конструкторской деятельности (простейший, репродуктивный, продуктивный, творческий), типов конструкторского ума и особенностей коллективной деятельности представляют самостоятельный интерес и являются достаточно важными для изучения индивидуального стиля интеллектуальной деятельности конструктора.

В работе проведен общий анализ структуры личности конструктора, в которой, в частности, выделены интерес к технической

деятельности, потребности, возрастные особенности деятельности, предрасположенность к конструированию, роль субъективных предпочтений в процессе решения конструкторских задач, специфика интеллектуальной и эмоционально-волевой саморегуляции в затрудненных условиях и др.). На основе данных анализа выявлены наиболее значимые профессиональные качества конструкторов: способность к структурно-функциональным и элементно-системным преобразованиям, способность к перекодированию зрительных пространственных образов, способность мыслить по аналогии и контрасту, способность к аналитической и синтетической (детальной, «блочной», целостной) разработке технических устройств. Давая общую оценку конструкторскому уму, мы выделяем в нем такие общие подтипы, как синтетический и аналитический, творческий и нетворческий, логический и интуитивный (по преимуществу тех или иных проявлений). Полученные данные по частоте применения стратегий позволяют также выделить пять основных специфических типов конструкторского ума, а именно универсальный, аналогизирующий, комбинирующий, реконструирующий, хаотический (бессистемный).

Изучение коллективной конструкторской деятельности позволило установить ряд особенностей, связанных с распределением профессиональных ролей в рабочих группах, с зависимостью этого распределения и успешности решения конкретной задачи от постоянства состава групп, их величины. Наилучшие результаты, как правило, по всем показателям — в стационарных группах (в них состав исполнителей постоянный, в то время как в полустационарных группах он меняется от задания к заданию менее чем на 50 %, а во временных группах — более чем на 50 %); оптимальный состав группы при решении задач средней сложности пять—восемь человек. Нами выделены пять основных типов профессионального общения конструкторов в процессе совместной деятельности: 1) общение на конечном этапе решения задания; 2) эпизодическое общение; 3) общение в начале и в конце разработки; 4) централизованное общение (каждый исполнитель общается только с ведущим конструктором или через его посредничество); 5) постоянное общение.

Разумеется, ряд положений, вытекающих из анализа полученных данных (это, в частности, касается изучения коллективной деятельности, где эксперименты с большими группами проводить чрезвычайно трудно), нуждаются в дальнейшей проверке и разработке. Но в целом, учитывая большое число конструкторов, охваченных исследованием, диапазон их конкретной исполнительской деятельности, различный стаж, результаты можно считать достаточно надежными, а сделанные выводы представляются применимыми на практике.

Остановимся специально на одном из наиболее реальных моментов применения полученных данных в повседневной практике деятельности конструкторов, а именно на вопросе творческой тренировки и стимуляции творческой деятельности.

Проблема творческого тренинга и неразрывно связанная с ней проблема стимуляции и оптимизации творческой деятельности в силу большого практического значения привлекает к себе особое внимание. На сегодняшний день описаны как успешно применяемые свыше 20 различных методов активной стимуляции творческой деятельности. Среди них особенно популярны брейнсторминг, синектика, морфологический анализ, а в приложении к техническому творчеству АРИЗ, гирлянды ассоциаций, стратегия семикратного поиска и др. [2, 3, 5, 11, 44]. В нашей стране особенно значительный вклад в практическую разработку этих методов сделан Г. С. Альтшуллером и Г. О. Бушем, разработавшими целые системы для применения в эвристической деятельности изобретателей и конструкторов.

Представляется, что при соответствующей адаптации эти методы могут быть успешно использованы в практике творческой деятельности. Однако такого рода адаптация должна быть проведена квалифицированно и опираться на надежную экспериментальную проверку, поскольку помимо чисто методических аспектов при этом необходимо учитывать возрастные возможности, а также помнить о том, что активизация творческой деятельности не вполне безобидна (об этом говорит, например, Дж. К. Джонс [11], анализируя синектику). То же самое следует сказать и об уровне подготовленности руководителей кружков, преподавателей, всех, кто проводит занятия по творчеству. Здесь недопустимо стихийное применение в любых дозах методов стимуляции, как, впрочем, и любых других методов обучения, поскольку это приводит к обратному результату — использованию методов творчества как шаблонов, а в конечном счете и к утрате интереса к труду вообще.

На основе проведенного исследования нами разработана частично апробированная система, которую можно рассматривать одновременно как обучающую и стимулирующую конструкторскую деятельность. Она базируется на использовании конкретной практической деятельности конструктора при решении задач, основных стратегических тенденций и тактик, выделенных в процессе изучения профессионального труда конструкторов. Система носит сокращенное название КАРУС, что означает: комбинирование — аналогизирование — реконструирование — универсализирование — случайные подстановки, т. е. те основные стратегии, которыми можно охарактеризовать деятельность конструктора [24, 25, 26, 32].

Эту систему можно применять в различных вариантах как для индивидуальной, так и для коллективной работы. Рассмотрим в общих чертах некоторые особенности системы оптимизации и стимуляции конструкторской деятельности, остановившись главным образом на модификации, предназначенной для стимуляции КД. Учебная модификация, имеющая, в свою очередь, ряд модификаций (в зависимости, например, от того, кто обучается — школьники, студенты, конструкторы и т. д.), представляет собой курс лекций и практических занятий по теме «Психология конст-

рукторской деятельности», включенной в программу обучения на факультете психологии технического творчества при Киевском народном университете технического прогресса.

В самом сжатом виде система КАРУС включает:

1) вводные инструкции и сходные положения; 2) инструкции и задачи по комбинированию технических элементов; 3) инструкции и задачи по поиску аналогов технических элементов; 4) инструкции и задачи по реконструированию технических устройств; 5) инструкции и задачи по использованию стратегий; 6) инструкции и задачи для применения стратегии случайных подстановок.

Кроме того, система включает некоторые разновидности и фрагменты других методов, например, продуцирования идей (брейнсторминг, конференция идей), а также переплетается с некоторыми из них (например, поиски аналогов с синектикой).

Модификации основаны, главным образом, на использовании задач на построение кинематических систем, при этом часто применяют одновременно метод «черного ящика», когда представляется техническая характеристика входных и выходных данных редуктора, коробки передач и т. п. и требуется воссоздать содержимое. Этот метод, используемый и другими специалистами, очень продуктивен для активизации творческого мышления конструкторов-профессионалов.

Система КАРУС может применяться в полном виде или же во фрагментах. Может быть обращено внимание, например, только на комбинаторную деятельность. Предложенный вариант системы далек от окончательного завершения для универсального использования, но в нем есть, на наш взгляд, несомненные достоинства, а именно: 1) система КАРУС основывается на реальных закономерностях психической деятельности профессиональных конструкторов, которые усваивались на протяжении длительного времени; 2) учитывает особенности творческой деятельности и не создает навязчивых, нередко переходящих в тормоз алгоритмов решения, а лишь вырабатывает тенденции в деятельности, постоянно стимулируя ее широкий диапазон, свободу новых поисковых действий субъекта; 3) включает практически все основные методы современного технического творчества и при усовершенствованиях и доработках может быть создан достаточно универсальный набор средств учебно-стимуляционного воздействия на инженеров (конструкторов, проектировщиков), а также изобретателей, рационализаторов и неспециалистов; 4) система КАРУС, как показывают экспериментальные данные, приемлема для всех возрастных уровней (естественно, с соответствующей переработкой — изменением условий задач, инструкций и т. п.); 5) учитывает индивидуальные особенности личности, может быть адаптирована к индивидуальному стилю деятельности; 6) может использоваться на любом этапе работы как эффективное средство стимуляции творческого мышления.

Все это не исключает, а, наоборот, требует проверок уже в утилитарном аспекте, адаптации системы в конкретных ситуациях.

Несомненным является то, что система не навязывает шаблонов, не обезличивает процесс творческой деятельности, а персонифицирует его и одновременно является средством постоянного обучения, а не только разовой стимуляции. Мы надеемся, что специальные исследования, которые проводятся и будут проводиться, позволят усовершенствовать систему КАРУС.

Коротко о технологии применения системы. На первой стадии (независимо от того, используется ли вся система или ее фрагменты) субъекту предлагается решить ряд задач, прибегая, например, к перестановке, смещению, замене и т. п. отдельных элементов технического устройства; на второй стадии — делать то же самое, но при этом разрабатывается уже конкретное техническое задание. В случае малой эффективности такого приема предлагается перейти к поиску аналогов, затем к реконструкции — замене структур и функций на противоположные (по контрасту), далее к одновременному использованию всех трех стратегий. Если же не помогает и это, то предлагается ввести «осаду», прибегая к так называемым случайным подстановкам, наугад продуцировать принципы построения той или иной технической структуры. Дело в том, что для решающего субъекта они никогда не могут быть случайными, кроме случаев внешней подсказки или других форм внешнего привнесения информации уже в момент решения задачи.

Очень важными психологическими характеристиками данной системы являются ее ориентировка на обучение (тренинг) в затрудненных условиях. Для этого нами разработаны специальные приемы (методы); о некоторых из них речь уже шла, но тогда они анализировались под другим углом зрения.

1. Метод временных ограничений (МВО) основывается на том естественном положении, что временной фактор существенно влияет на интеллектуальную деятельность субъекта. Например, при неограниченном времени решения конкретной задачи субъект может находить несколько вариантов решения, обстоятельно обдумывать свои действия, а также искомые качества, структуры и т. п. При лимитировании времени, как правило, решение может, с одной стороны, упрощаться (при этом субъект ограничивается использованием того, что он лучше всего знает), а с другой — существенно деформироваться, и по характеру этих деформаций удобно судить об общих тенденциях в мыслительной деятельности решающего задачу. Нужно отметить, что введение МВО позволило вскрыть ряд весьма важных особенностей умственной деятельности, связанных с личностными качествами в целом.

2. Метод внезапных запрещений (МВЗ) заключается в том, что испытуемому на том или ином этапе решения запрещается использовать в своих построениях определенные механизмы (например, тип передачи или конкретную передачу — коническую, цилиндрическую и т. д.). Этот методический прием также весьма эффективен, поскольку практически разрушает штампы, возможности стереотипной деятельности. Ведь у профессиональных конструкторов совершенно естественно складываются уровни пред-

почтений, стиль деятельности, включающий использование тех или иных приемов, конкретных механизмов и т. д. Но здесь важно и то, что по мере адаптации к применению какого-то приема вновь начинают вырисовываться те тенденции в деятельности конструкторов, которые являются для них обычными, сложившимися. Другими словами, по мере решения новой серии задач все более очевидным становится выработанный ранее стиль деятельности, применение тех или иных стратегий. Усложнение оказывает свое действие — замедляет процесс решения, вскрывает внутренние механизмы психической деятельности.

3. Метод скоростного эскизирования (МСЭ) так или иначе включается в каждую исходную инструкцию, в которой от решающего задачу требуется как можно чаще рисовать все то, что он представляет мысленно в тот или иной момент. В ряде случаев решающим предлагается непрерывно «рисовать» процесс размышлений — изображать все конструкции, которые приходят им в голову. Благодаря этому приему становится возможным судить о трансформации образов, установить то значение, которое имеет понятие и зрительный образ какой-либо конструкции.

4. Метод новых вариантов (МНВ) заключается в требовании решить задачу по-другому, найти новые варианты решения. Такое требование дополнительно активизирует деятельность субъекта, прямо нацеливает на творчество, тем более, что мы можем просить о новом варианте и тогда, когда уже имеем пять-шесть вариантов и более. Нужно подчеркнуть, что этот методический прием не обязательно применять только после того, когда субъект достиг сравнительно полного решения (в эскизном варианте). Его можно применять и раньше, практически на любом этапе. Тогда он может стать модификацией МВЗ.

Очень эффективны следующие три приема, связанные с характером и количеством подаваемой в условии задачи информации.

5. Метод информационной недостаточности (МИН) применяется, когда исходное условие представляется с явным недостатком необходимых для начала решения данных. Например, в условии задачи могут быть опущены те или иные существенные функциональные и структурные характеристики как искомых, так и исходных данных (направления движения, форма и т. п.). Другой важной модификацией этого приема является использование различных форм представления исходного условия задачи. Как известно, условие конструкторской задачи в наиболее удобном виде включает в себя текст и схему (рисунок). Мы же специально предлагали решать задачи, представленные только в графической или текстовой форме. Особенно эффективным это было при изучении цикла эталонирования (понимания) предъявляемой задачи.

6. Метод информационной перенасыщенности (МИП) основывается на включении в исходное условие задачи (или подается в виде подсказки) заведомо излишних сведений, которые не имеют существенного значения для решения. В ряде случаев испытуемым предлагали выбрать нужную им информацию из имеющейся в

условии, в других же случаях с самого начала решения испытуемым ничего не говорится об «излишках» информации и изучается их ориентация в представляемых данных.

7. Метод абсурда (МА) основывается на построении заведомо невыполнимой задачи. Используют элементы абсурдизации условия и предлагают решить абсурдные задачи в целом. Типичным вариантом абсурдной задачи является задача на построение вечного двигателя. Важно помнить, что деятельность испытуемых, их конкретные действия, характеризующие специфику мышления, остаются, как правило, инвариантными, т. е. собственно конструкторские особенности их деятельности как личностные не в очень большой степени зависят от самих задач.

Каждый из названных приемов нередко применяется в сочетании с другими, имеет, как было отмечено, определенные модификации. Все это специально оговаривается уже при рассмотрении конкретных условий и конкретных целей.

В экспериментальной практике нами применялись еще несколько методов. Мы стремились не к тому, чтобы перечислить и коротко описать все эти методы, а к тому, чтобы проиллюстрировать возможности их использования в творческом тренинге, показать, что применение этих методов возможно в процессе обычной трудовой и учебно-трудовой деятельности.

Дальнейшее изучение конструкторской деятельности и апробация полученных данных в практике позволит инженерам более успешно справляться с текущими техническими заданиями, решать важные проблемы экономического характера, а также совершенствовать свое «психологическое оружие».

Конкретный состав рабочей группы, уровень квалификации, равно, как и целый ряд других параметров, будут определять характер и программу обучения. По ряду вопросов, имеющих отношение к теме данной работы, имеются сведения в литературе, список которой приведен ниже (см. с. 129). Более обширный перечень литературы интересующиеся смогут найти, в частности, в специальном издании: Теория поискового конструирования. Библиографический указатель. М.: ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре, 1978. 114 с.

Нужно, однако, помнить, что развитие творческого мышления специалистов, в том числе в области конструирования, проектирования, рационализации и изобретательства — процесс длительный и трудоемкий. Здесь оптимума можно достичь лишь при условии целенаправленного обучения, начиная со школьного и даже дошкольного уровня, когда закладываются основы творческого поведения, интереса к поискам нового, умения преодолевать трудности. Некоторые аспекты конструкторской деятельности получили в книге незначительное освещение, по ряду вопросов велось лишь предварительное обсуждение, так как они еще недостаточно изучены. В любом случае конструктивная критика и замечания со стороны практических работников и исследователей будут приняты автором с благодарностью.

ОБУЧЕНИЕ ПРИМЕНЕНИЮ СТРАТЕГИИ ПОИСКА АНАЛОГОВ

Предлагается следующая ориентировочная схема обучения стратегии поиска аналогов:

1) сжатое теоретическое напоминание о сущности поиска аналогов, об их разновидностях и специфике психической творческой деятельности при этом;

2) проведение опроса участников обучения по вопроснику;

3) индивидуальные советы на основании анализа вопросника;

4) демонстрация применения стратегии поиска аналогов на конкретном примере;

5) решение задач (индивидуальное или коллективное);

6) анализ решений.

В дальнейшем циклы повторяются, но усложняются решаемые задачи и предлагается использовать все более сложные и отдаленные аналогии.

В конце решается контрольная задача и проводится устное собеседование с обучающимся с целью выяснить, насколько он усвоил особенности применения стратегии поиска аналогов.

Рассмотрим вкратце содержание указанных пунктов программы обучения поиску аналогов.

В теоретической части специально оговаривается, что стратегия поиска аналогов основывается на установлении существенного сходства между структурами, функциями, принципами каких-либо двух технических устройств, или же технического устройства, которое необходимо создать, с каким-либо нетехническим объектом, а также созданием природы (например, животными, насекомыми, растениями т. п.). Установление такого рода сходства дает основание перенести соответствующую структуру, функции, принцип в новое решение с тем, чтобы достигнуть требуемого по условию технического задания эффекта. Выделяются аналогии полные, значительные, частичные (фрагментарные) в зависимости от степени полноты сходства: полная аналогия представляет собой почти 100 % совпадения структуры или функции; значительная, в зависимости от конкретного варианта, связана с возможностью преимущественного использования данной структуры или функции; частичная аналогия касается сходства узлов или элементов (их функций) данных двух объектов.

Далее выделяются аналогии близкие, отдаленные, очень отдаленные в зависимости от того, к какому классу устройств и объектов относятся сравниваемые предметы (близкая аналогия имеет

в виду сравнение объектов одного типа, например, двух редукторов; отдаленная — сравнение различных механизмов, например, редуктора и часового механизма; очень отдаленная — сравнение совершенно разных предметов, например, редуктора и солнечной системы и т. д.).

При начальном обучении можно ограничиться сведениями, относящимися к этим пунктам.

В заключение напоминаем, что поиск аналогов может часто переплетаться с другими стратегиями (комбинирования, реконструирования и т. д.).

Затем участникам предлагается письменно ответить на вопросы:

1. Что такое аналогия?
2. В чем сущность стратегии поиска аналогов?
3. Какие аналогии в технике вам известны?

Изучение ответов участников позволит ввести конкретные коррективы в их теоретические знания. Конкретный пример для демонстрации применения стратегии поиска аналогов преподаватель выбирает по своему усмотрению (в зависимости от возраста и подготовки учеников). Одной из простейших разновидностей на начальном этапе может быть сравнение двух редукторов (кинематических цепей), в которых имеются общие узлы.

Далее участникам предлагается решить серию задач (она может включать две-три задачи) и их решения анализируются. Лучше всего, если решение на этом этапе проводится преподавателем индивидуально с каждым из участников, чтобы помимо черновика решения у него была возможность составить свой собственный протокол решения.

После анализа решения и протоколов участникам предлагается ответить на вопросы:

1) как Вы искали аналогии, решая эти задачи?
2) какие аналогии Вы установили?
3) какие трудности при поиске аналогов Вы испытывали?

На основании ответов даются индивидуальные рекомендации каждому из участников тренинга.

В дальнейшем тренинг осуществляется путем усложнения решаемых задач, поиска нескольких вариантов решения одной и той же задачи. Весьма желательно применять на последних этапах обучения стратегии самые разнообразные задачи; при этом иногда можно оставлять «за кадром» логику и возможность реального использования того или иного варианта конструкции с тем, чтобы максимально расширить диапазон поиска, раскрепостить мышление участников тренинга, сосредоточить внимание именно на самой динамике формирования стратегии, достижении с ее помощью определенного результата в принципе.

Обучение стратегиям комбинирования и реконструирования осуществляется по такой же схеме, только при этом естественно меняются теоретические установки. При обучении владению универсальной стратегией рекомендуется одновременно использование

трех других стратегий в данном случае выступающих как тактики.

Несколько слов о стратегии «случайных подстановок». Строго говоря, здесь речь может идти не об обучении владению этой стратегией, поскольку фактически мы не располагаем строго определенными данными о ее психической природе. В этом случае необходимо учить искать выходы из тупиковых ситуаций, не «сдаваться» при наличии казалось бы непреодолимых трудностей, искать пути решения несмотря ни на что. В самом простом виде реализация этой стратегии заключается в том, что испытуемому предлагается «отдаться свободному потоку мыслей», попробовать первое пришедшее в голову устройство, фиксировать случайные образы, предметы, принципы и пытаться их применять в данной задаче. В определенной степени применение этой стратегии напоминает методику «штурма мозга», хотя более близка к нашей технологии реализации стратегии «случайных подстановок», та, которую описал Э. де Боно, хотя последний не называл ее стратегией (см. книгу Э. де Боно. Рождение новой идеи. М.: Прогресс, 1976. 143 с.).

В дальнейшем использование «случайных подстановок» следует связывать с более целенаправленным, организованным умственным поведением. Например, можно предложить учащимся пойти на выставку технического творчества и там найти какое-либо устройство, которое можно использовать (прямо или косвенно) в новом решении. Точно так же можно рекомендовать просматривать технические журналы, знакомиться с товарами, продающимися в универмаге, смотреть определенные телепередачи и т. п. Вариантов здесь может быть немало, но самое главное — создать именно установку на творческий поиск, пробудить интерес к такому поиску.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Алексеев Г. П.** Профессия — конструктор. М.: Молодая гвардия, 1973. 143 с.
2. **Альтшуллер Г. С.** Алгоритм изобретения. М.: Московский рабочий, 1978. 296 с.
3. **Альтшуллер Г. С.** Творчество как точная наука. М.: Советское радио, 1979. 176 с.
4. **Антиципация** в свете проблемы бессознательного. — В кн.: Проблемы сознания. М.: Всесоюзное научное медицинское общество невропатологов и психиатров, 1966, с. 305—317.
5. **Антонов А. В.** Психология изобретательского творчества. Киев: Вища школа, 1978. 176 с.
6. **Бессознательное:** природа, функции, методы исследования. Тбилиси: Мецниереба, 1978, т. 1, 786 с.; т. 2, 686 с.
7. **Буш Г.** Рождение изобретательских идей. — Рига: Лиесма, 1976. 127 с.
8. **Гаспарский В.** Праксеологический анализ проектно-конструкторских разработок. Пер. с польск. М.: Мир, 1978. 172 с.
9. **Гильде В., Штарке К. Д.** Нужны идеи. Пер. с нем. М.: Мир, 1973. 64 с.
10. **Григорьев Э. П.** Теория и практика машинного проектирования объектов строительства. — М.: Стройиздат, 1974. 207 с.
11. **Джонс Дж. К.** Инженерное и художественное конструирование. Пер. с англ. М.: Мир, 1976. 374 с.
12. **Диксон Дж.** Проектирование систем: изобретательство, анализ и принятие решений. Пер. с англ. М.: Мир, 1969. 435 с.
13. **Дитрих Я.** Проектирование и конструирование. Пер. с польск. М.: Мир, 1981. 456 с.
14. **Завадская Е. В.** Культура Востока в современном западном мире. М.: Наука, 1977. 168 с.
15. **Инженерная** психология. Киев: Вища школа, 1976. 307 с.
16. **Исследование** стратегий решения задач в зарубежной психологии/В. М. Бондаровская, Т. К. Горобец-Чмут, В. А. Моляко, М. Л. Смульсон. — Вопросы психологии, 1972, № 5, с. 174—184.
17. **К психологии** личности как развивающейся системы. — В кн.: Психология формирования и развития личности. М.: Наука, 1981, с. 3—4.
18. **Ковалев А. Г., Мясищев В. Н.** Психические особенности человека. Т. 2. Л.: изд-во ЛГУ, 1960, с. 59.
19. **Кудрявцев Т. В.** Психология технического мышления. М.: Педагогика, 1975. 303 с.
20. **Леонтьев А. Н.** Проблемы развития психики. М.: МГУ, 1965, с. 35—36.
21. **Ломов Б. Ф.** Человек и техника. М.: Советское радио, 1966. 464 с.
22. **Левитов Н. Д.** Психология труда. М.: Учпедгиз, 1963. 340 с.
23. **Милерян Е. А.** Психология формирования общетрудовых политехнических умений. М.: Педагогика, 1973. 300 с.
24. **Моляко В. А.** Социально-психологические условия повышения эффективности творческой научно-технической деятельности. Киев: Знание, 1974. 32 с.
25. **Моляко В. А.** Психология творческой деятельности. Киев: Знание, 1978. 47 с.

26. **Моляко В. А.** Техническое творчество — осиова подготовки молодежи к труду. Киев: Зиание, 1980. 22 с.
27. **Налчаджян А. А.** Некоторые психологические и философские проблемы интуитивиого позиаиия. М.: Мысль, 1972. 271 с.
28. **Орлов П. И.** Основы коиструироваиия. М.: Машиностроеиие, 1977, кн. 1, 623 с.; ки. 2, 574 с.; ки. 3, 357 с.
29. **Перлаки И.** Нововведеиия в организациях. Пер. со словацкого. М.: Экономика, 1980. 144 с.
30. **Платонов К. К.** Краткий словарь системы психологических поиятий. М.: Высшая школа, 1981, с. 30—62.
31. **Пономарев Я. А.** Психология творчества. М.: Наука, 1976. 303 с.
32. **Психологическая** структура коиструкторской деятельиости. — Вопросы психологии, 1978, № 4, с. 55—63.
33. **Психологические** вопросы трудового воспитаиия. Киев: Рядяньска школа, 1979. 120 с.
34. **Психология** труда в десятой пятилетке. — Вопросы психологии, 1976, № 1, с. 46—54.
35. **Психологические** особеииости формироваиия коиструкторского замысла. — В кн.: Психологические исследоваиия интеллектуальиой деятельиости. М.: Изд-во МГУ, 1979, с. 112—125.
36. **Разработка** и виедреиие автоматизироваиных систем в проектироваиии. М.: Стройиздат, 1975. 527 с.
37. **Саймон Г.** Науки об искусствеииом. Пер. с аигл. М.: Мир, 1972. 148 с.
38. **Смирнов В. С., Семибратов В. Г., Лебедев О. Т.** Научио-техиическая революция и философские проблемы формироваиия инжеиериого мышлеиия. М.: Высшая школа, 1973. 304 с.
39. **Социально-психологический** портрет иижеиера. М.: Мысль, 1977. 231 с.
40. **Теплов Б. М.** Проблемы иидивидуальных различий. — М.: Изд-во АПН РСФСР, 1961, с. 9—319.
41. **Трушкин В. П.** Записки коиструктора. М.: Московский рабочий, 1981. 320 с.
42. **Уилсон А., Уилсон М.** Управлеиие и творчество при проектироваиии систем. Пер. с аигл. М.: Советское радио, 1976. 255 с.
43. **Укреплять** взаимосвязь общественных, естествеииых и техиических иаук. — Коммуиист, 1977, № 1, с. 62.
44. **Хилл П.** Наука и искусство проектироваиия. Пер. с аигл. М.: Мир, 1973. 262 с.
45. **Эсаулов А. Ф.** Психология решеиия задач. М.: Высшая школа, 1972. 215 с.
46. **Эсаулов А. Ф.** Проблемы решеиия задач в науке и техиике. Л.: Изд-во ЛГУ, 1979. 200 с.

СОДЕРЖАНИЕ

УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ!

С целью получения информации о качестве наших изданий просим Вас в прилагаемой анкете подчеркнуть позиции, соответствующие Вашей оценке этой книги.

1. Необходимость издания:
   значительная
   незначительная

2. Эффективность книги с точки зрения практического вклада в отрасль:
   высокая
   незначительная

3. Эффективность книги с точки зрения теоретического вклада в отрасль:
   высокая
   незначительная

4. Материал книги соответствует достижениям науки и техники в данной отрасли:
   в полном мере
   частично
   слабо

5. Книга сохранит свою актуальность:
   1—2 года
   в течение 5 лет
   длительный срок

6. Название книги отвечает содержанию:
   в полном мере
   частично

Линия отреза

7. Оформление книги:
хорошее
удовлетворительное

Фамилия, имя, отчество ______________

____

Ученое звание ______________

____

Место работы, должность ______________

____

____

Стаж работы ______________

____

Дополнительные замечания приложите отдельно

____

Благодарим Вас за помощь издательству.

Заполненную анкету вышлите по адресу:
107076, Москва, Стромынский пер., д. 4.
Издательство «Машиностроение»

В. А. Моляко

ПСИХОЛОГИЯ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Линия отреза



